

Влияние компонентов пальмового масла на характер обмена веществ в организме человека: Обзор предметного поля

В.В. Шилов¹, В.В. Литвяк², Ю.Ф. Росляков³

¹ «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, г. Минск, Республика Беларусь

² Всероссийский научно-исследовательский институт крахмала и переработки крахмалсодержащего сырья — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха», г. Москва, Российская Федерация

³ Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Введение: В настоящее время спрос на растительные масла растет во всем мире и пальмовое масло вносит значительный вклад в глобальные поставки пищевых масел. Последние несколько десятилетий наблюдается растущее общественное беспокойство по поводу значительного взаимодействия между здоровьем и питанием и в частности пальмовым маслом (ПМ).

Цель: анализ влияния компонентов ПМ на характер обмена веществ в организме человека и развитие патологических состояний.

Материалы и методы: Поиск литературы по проблеме с 1918 г. по 2023 г. осуществляли по базам данных РИНЦ, Google Scholar, PubMed по ключевым словам и словосочетаниям: «пальмовое масло», «здоровье человека», «сахарный диабет», «ожирение», «сердечно-сосудистые заболевания», «онкология», «детское питание». Перед началом исследования составлен протокол, на основании рекомендаций PRISMA <http://www.prisma-statement.org/>. Поиск проводили по 2-м вариантам: (1) путем создания запросов на сайтах баз данных и скачивание результатов; (2) с применением программы Publish or Perish. Отобранные источники сканировались вначале на основании заглавия, далее аннотации и уже попавшие в окончательный пул статьи анализировались полнотекстово. Оценку качества отобранных публикаций проводили с применением: (1) Joanna Briggs Institute Critical Appraisal tools; (2) NIH Quality Assessment Tool; (3) Methodological Index for Non-Randomised Studies (MINORS).

Результаты: Первоначальный поиск охватил 1924 документов. Через базы данных было идентифицировано 1901 документов, через другие источники – 23 документов. После удаления дубликатов осталось 347 источников. Прошли скрининг 232 публикаций. В результате скрининга было удалено 58 публикаций. Оценено 174 полнотекстовых публикаций на приемлимость, в качестве неприемлимых исключено 12 полноценных публикаций. Нами были включены в качественный синтез qualitative synthesis — 162, а в количественный синтез (мета-анализ) — 162 публикаций.

Пальмовое масло (ПМ) широко используется в пищевой промышленности, но его рафинированные формы с низким содержанием примесей и светлой окраской считаются наиболее качественными. Оно составляет значительную долю мирового производства масел. Особенности текстуры, аромата и нейтрального вкуса делают его популярным в пищевой промышленности. Различные фракции ПМ применяются для разных продуктов, от жарки до кондитерских изделий. Недавние исследования связывают потребление ПМ с разными заболеваниями, включая диабет 2-го типа, ожирение, ишемическую болезнь сердца, инсульт и рак. Однако, результаты исследований противоречивы, и влияние ПМ на здоровье может зависеть от генетики и национальных традиций питания. Поэтому, ограничение потребления ПМ в продуктах может быть целесообразным, особенно в детских смесях, где другие компоненты, такие как β -пальмитат или молочный жир, могут быть предпочтительными.

Выводы: Приведены общие сведения о ПМ в пищевой промышленности. Показана роль ПМ и пальмитиновой кислоты в развитии ожирения и СД-2, в развитии сердечно-сосудистых заболеваний, а также в возникновении онкологических заболеваний. Охарактеризованы возможности использования ПМ в детском питании. Дано мнение российских и белорусских ученых о влиянии ПМ на здоровье человека.

Ключевые слова: пальмовое масло, здоровье человека, сахарный диабет, ожирение, сердечно-сосудистые заболевания, онкология, детское питание

Корреспонденция:
Литвяк Владимир Викторович
E-mail: besserk1974@mail.ru

Конфликт интересов:
авторы сообщают
об отсутствии конфликта
интересов.

Поступила: 24.07.2023

Принята: 15.12.2023

Опубликована: 30.12.2023

Copyright: © 2023 Авторы



Для цитирования: Шилов, В.В., Литвяк, В.В., & Росляков, Ю.Ф. (2023). Влияние пальмового масла на характер обмена веществ в организме человека. *FOOD METAENGINEERING*, 4(1), 57-84. <https://doi.org/10.37442/fme.2023.4.13>

Influence of components of palm oil on the character of metabolism in the human body: A Scoping Review

Valery V. Shilov¹, Vladimir V. Litvyak², Yuri F. Roslyakov³

¹ International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus

² All-Russian Research Institute of Starch and Starch-containing Raw Materials Processing — Branch of Russian Potato named after A.G. Lorkh, Moscow Region, Russian Federation

³ Kuban State Technological University, Krasnodar, Russian Federation

ABSTRACT

Background: The global demand for vegetable oils is increasing, and palm oil significantly contributes to the supply of edible oils worldwide. Over the past few decades, there has been growing public concern regarding the significant relationship between health and nutrition, particularly focusing on palm oil (PO).

Purpose to analyze the influence of PO components on the nature of metabolism in the human body and the development of pathological conditions.

Materials and Methods: A literature search on the problem from 1918 to 2023 was carried out using the RSCI, Google Scholar, PubMed databases using keywords and phrases: «palm oil», «human health», «diabetes mellitus», «obesity», «cardiovascular diseases», «oncology», «baby nutrition» using a personal computer. Before starting the study, a protocol was drawn up based on the PRISMA recommendations. The search was carried out using 2 options: (1) by creating queries on database sites and downloading the results; (2) using the free Publish or Perish program. The selected sources were scanned first based on the title, then the abstracts and articles already included in the final pool were analyzed in full text. The quality of the selected publications was assessed using: (1) Joanna Briggs Institute Critical Appraisal tools; (2) NIH Quality Assessment Tool; (3) Methodological Index for Non-Randomized Studies (MINORS).

Results: The initial search included 1,924 documents. 1901 documents were identified through databases, and 23 documents through other sources. After removing duplicates, 347 sources remained. 232 publications were screened. As a result of screening, 58 publications were removed. 172 full-text publications were assessed for eligibility, and 12 full-text publications were excluded as ineligible. We included 162 publications in the qualitative synthesis and 162 publications in the quantitative synthesis (meta-analysis).

Palm oil (PO) is widely used in the food industry, but its refined forms with low impurity levels and light color are considered the highest quality. It constitutes a significant portion of global oil production. Its texture, aroma, and neutral taste make it popular in the food industry, with various PO fractions used in different products, from frying to confectionery. Recent research links PO consumption to various diseases, including type 2 diabetes, obesity, heart disease, stroke, and cancer. However, research results are conflicting, and the impact of PO on health may depend on genetics and dietary traditions. Therefore, limiting PO consumption in food products can be advisable, especially in infant formulas, where other components like β -palmitate or milk fat may be preferable.

Conclusion: The role of PO and palmitic acid in the development of obesity and DM-2, in the development of cardiovascular diseases, as well as in the occurrence of cancer has been shown. The possibilities of using PO in baby food are characterized. The opinion of Russian and Belarusian scientists on the impact of PO on human health is given.

Keywords: palm oil, human health, diabetes, obesity, cardiovascular disease, oncology, baby food

Correspondence:

Vladimir V. Litvyak,
E-mail: besserk1974@mail.ru

Conflict of interest:

The authors report the absence of a conflict of interest.

Received: 24.07.2023

Accepted: 15.12.2023

Published: 30.12.2023

Copyright: © 2023 The Authors



To cite: Shilov, V.V., Litvyak, V.V., & Roslyakov, Yu.F. (2023). The influence of palm oil on the nature of metabolism in the human body. *FOOD METAENGINEERING*, 1(4), 57-84. <https://doi.org/10.37442/fme.2023.4.13>

ВВЕДЕНИЕ

Общественное внимание все чаще обращается к вопросам взаимосвязи между здоровьем и питанием. Среди ключевых составляющих пищевого рациона человека особое место занимает жир, являющийся не только источником энергии, но и важным носителем жизненно необходимых жирных кислот. Растительные масла, включая пальмовое масло, представляют собой один из главных источников жиров в диете. Нарастающая обеспокоенность общественности связана с ролью насыщенных жирных кислот в развитии серьезных заболеваний. Исследования последних лет, такие как работы Aranceta (2012) и Assmann (2014), указывают на потенциальные негативные эффекты этих жирных кислот, особенно в контексте сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ). Эти данные подтверждаются рекомендациями, направленными на снижение потребления насыщенных жирных кислот с целью уменьшения риска развития ССЗ. Кроме того, актуальность исследований в этой области подчеркивается связью между потреблением насыщенных жирных кислот и проблемами ожирения (ОЖ), а также влиянием на возникновение онкологических заболеваний, как отмечается в исследованиях Berger (2014).

В этом контексте пальмовое масло, являющееся одним из основных источников насыщенных жирных кислот в рационе многих людей по всему миру, привлекает особое внимание исследователей и общественности. Важность изучения пальмового масла усиливается его широким распространением и значительным вкладом в глобальное производство растительных масел.

Цель исследования — анализ влияния компонентов пальмового масла (ПМ) на характер обменных процессов в организме человека, развития ожирения, сахарного диабета 2-го типа (СД-2), ССЗ и онкологических заболеваний.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Заявление о транспарентности

Перед началом исследования был составлен протокол. Авторы подтверждают, что данная рукопись является честным, точным и транспарентным изложением представляемого исследования; что никакие важные аспекты исследования не были упущены; и что отклонения от запланированного исследования были объясне-

ны. Здесь мы кратко излагаем методы нашего исследования. Значительные части описанных здесь методов взяты непосредственно из оригинального протокола. Мы использовали положения PRISMA¹, чтобы руководствоваться при составлении отчета об этом обзорном исследовании.

Базы данных

Поиск литературы по проблеме с 1918 по 2023 гг. осуществляли по базам данных ПИНЦ, Google Scholar, PubMed, Web of Science по ключевым словам и словосочетаниям: «пальмовое масло», «здоровье человека», «сахарный диабет», «ожирение», «сердечно-сосудистые заболевания», «онкология», «детское питание», «palm oil», «human health», «diabetes», «obesity», «cardiovascular disease», «oncology», «baby food».

Поиск проводили по двум вариантам:

- (1) путем создания запросов на сайтах баз данных и скачивание результатов, а также
- (2) с применением бесплатной программы Publish or Perish.

Отбор источников

Критерии включения

Критериями включения литературных источников являлось следующее:

Общие критерии включения:

- (1) Доступность литературных источников (возможность максимально полно ознакомиться с литературным источником).
- (2) Максимально возможная глубина проработки рассматриваемого вопроса и новизна литературных источников (год издания: с 1918 г. по настоящее время).
- (3) Особенности издания (достоверность издания, научный рейтинг издания).
- (4) Рассматривались издания на русском и английском языках.

Специализированные критерии включения:

- (1) Рассматривались только научные публикации (статьи, монографии), а также патенты на изобретения.
- (2) Тематика литературного источника:
 - общие сведения о пальмовом масле в пищевой промышленности;

- пальмовое масло и пальмитиновая кислота: роль в развитии ожирения и сахарного диабета 2-го типа;
- пальмовое масло и пальмитиновая кислота: роль в развитии сердечно-сосудистых заболеваний;
- пальмовое масло и пальмитиновая кислота: роль в возникновении онкологических заболеваний;
- пальмовое масло в детском питании;
- мнение отечественных и зарубежных учёных о влиянии пальмового масла на здоровье.

Критерии исключения

Критериями исключения литературных источников являлось следующее:

Общие критерии включения:

- (1) Недоступность литературных источников (невозможность максимально полно ознакомиться с литературным источником).
- (2) Устаревшие литературные источники до 1918 г.
- (3) Особенности издания (недоверенность и подозрительность издания, не научные издания, а также низкий научный рейтинг).
- (4) Литературные источники не на русском и не на английских языках не рассматривались.

Специализированные критерии включения:

- (1) Не рассматривались научно-популярные издания публикации.
- (2) Не рассматривались издания, тематика которых не соответствовала исследуемой проблеме.

Анализ и извлечение данных

Оценку качества отобранных публикаций проводили с применением следующих ресурсов:

- (1) Joanna Briggs Institute Critical Appraisal tools;
- (2) NIH Quality Assessment Tool;
- (3) Methodological Index for Non-Randomised Studies (MINORS).

Отобранные по ключевым словам источники сканировались вначале на основании названия, далее аннотации и уже попавшие в окончательный пул статьи анализировались полнотекстово. По результатам анализа и извлечения данных в научный обзор было включено

152 библиографических источника из следующих научных журналов: «Annals New York Academy of Sciences», «Annals of Nutrition and Metabolism», «Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine», «American Journal of Clinical Nutrition», «American journal of physiology. Gastrointestinal and liver physiology», «American Journal of Diseases of Children», «Archives of Biochemistry and Biophysics», «American Journal of Epidemiology», «Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition», «American Journal of Physiology — Endocrinology and Metabolism», «Archives of Disease in Childhood — Fetal and Neonatal Edition», «Annals of Medicine», «Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology», «Annual Review of Medicine», «Archives of Internal Medicine», «British Journal of Nutrition», «Biochemical and Biophysical Research Communications», «British Journal of Cancer», «Journal of Nutrition», «Journal of Biological Chemistry», «Journal of the American College of Nutrition», «Journal of Pediatric Gastroenterology & Nutrition», «Journal of Nutritional Biochemistry», «Journal of Endocrinology», «Journal of Lipid Research», «Journal of Pediatrics», «Journal of the National Cancer Institute», «Journal of Cellular Physiology», «Journal of Oleo Science», «Journal of International Medical Research», «Nutrition», «Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases», «Nutrition Research Reviews», «Nutrition Journal», «Nature Immunology», «Nutrition & Metabolism», «Nutrition Reviews», «Nutrition and Cancer», «International Journal of Food Sciences and Nutrition», «International Journal of Cancer», «Indian Journal of Pharmacology», «International Journal of Obesity», «International Journal of Clinical and Experimental Medicine», «Carcinogenesis», «Clinical and Translational Oncology», «Current Pharmaceutical Design», «Cancer Research», «Cancer Causes & Control», «Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention», «Clinical Nutrition», «Clinical & Experimental Metastasis», «Obesity», «Diabetes», «Globalization and Health», «Lipids», «Lancet», «Lancet Diabetes & Endocrinology», «Lipids in Health and Disease», «European Journal of Lipid Science and Technology», «European Journal of Endocrinology», «Endocrinology», «Early Human Development», «European Journal of Clinical Nutrition», «Molecular and Cellular Endocrinology», «Molecular and Cellular Biology», «Molecular Aspects of Medicine», «Plant Foods for Human Nutrition», «Physiological Reviews», «Progress in Lipid Research», «Preventive Medicine», «Pediatrics», «Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America», «World Journal of Diabetes», «World Journal of Cardiology», «Food Bioscience», «Food

and Nutrition Bulletin», «Клиническая лабораторная диагностика», «Медицинский совет», «Известия НАН Беларуси. Серия медицинских наук», «Вопросы питания», «Наука и жизнь», «Журнал Гродненского государственного медицинского университета».

Введенные сокращения

ПМ — пальмовое масло, ПЯМ — пальмоядровое масло, ЖК — жирные кислоты, ПК — пальмитиновая кислота, ХС — холестерин, ХС-ЛПНП — холестерин липопротеинов низкой плотности, ХС-ЛПВП — холестерин липопротеинов высокой плотности, ХС-ЛПОНП — холестерин липопротеинов очень низкой плотности, ИБС — ишемическая болезнь сердца, СД-2 — сахарный диабет 2-го типа, ССЗ — сердечно-сосудистые заболевания, ОЖ — ожирение, ТАГ — триацилглицериды, СК — стеариновая кислота, ОК — олеиновая кислота, ЛАК — лауриновая кислота, МК — миристиновая кислота,

ЛИК — линолевая кислота, По — пальмитовый олеин, ПС — пальмитовый стеарин, ЛПС — липополисахариды, ГЭЖК — глицидиловые эфиры жирных кислот, 2-МХПД — 2-моноклорпропандиол, 3-МХПД — 3-моноклорпропандиол, И — инсулин, Ж — жир, М — масло, ПП — пищевая промышленность, ОЗ — онкологические заболевания, ДС — детские смеси.

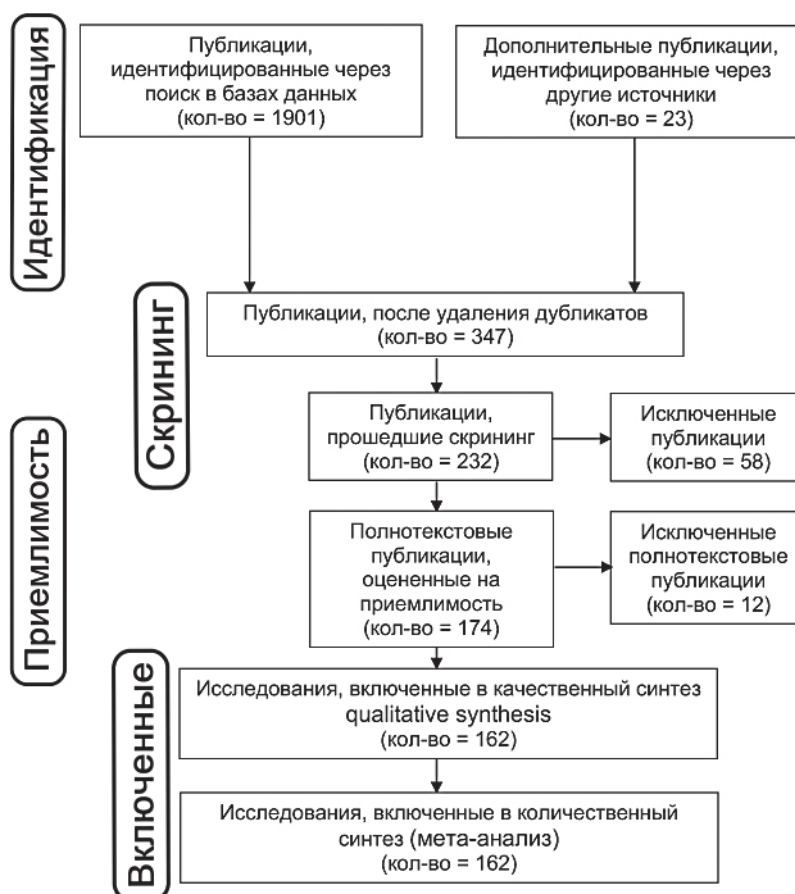
РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты поиска и эпидемиологические характеристики

На Рисунке 1 показана блок-схема протокола исследований, составленная авторами на основании рекомендаций PRISMA¹, которая демонстрирует поток документов и статей в ходе обзора. Первоначальный поиск охватил 1924 документов. Через базы данных было идентифицировано 1901 документов. Кроме этого, через

Рисунок 1

Блок-схема протокола исследований, составленная авторами на основании рекомендаций PRISMA



другие источники было идентифицировано 23 документов. После удаления дубликатов осталось 347 источников. Прошли скрининг 232 публикаций. В результате скрининга было удалено 58 публикаций, как не полностью соответствующих тематике поисков. Было оценено 174 полнотекстовых публикаций на приемлимость. При этом в качестве неприемлимых было исключено 12 полноценных публикаций. Нами были включены следующее количество публикаций в: качественный синтез *qualitative synthesis* — 162, количественный синтез (мета-анализ) — 162.

Общие сведения о ПМ в пищевой промышленности (ПП)

В настоящее время спрос на растительные масла (М) растет во всем мире и ПМ вносит значительный вклад в глобальные поставки пищевых М. ПМ не содержит генетически модифицированных организмов и производится его на единицу площади в 10 раз больше по сравнению с другими масличными культурами. В 2014 г.

на долю ПМ приходилось 32% от общего количества Ж и М, производимых в мире и, тем самым, ПМ обогнало соевое М, которого ранее производилось больше всего (Mba, 2015). Пальмовое дерево (*Elaeis guineensis*) является древним тропическим растением, произрастающим во многих странах Западной Африки, где местное население традиционно используют М из него для приготовления пищи и других целей (Во всех тропических регионах мира в сельскохозяйственной культуре встречаются плантации масличной пальмы. При этом главные мировые производители ПМ — Малайзии и Индонезии, на их долю приходится 86% мирового производства ПМ (Рисунок 2). Также важными странами производителями ПМ являются: Нигерия, Таиланд, Колумбия, Папуа Новая Гвинея, Кот-д'Ивуар, Индия и Бразилия.

Из плодов пальмы извлекают 2 разных типа ПМ: (1) пальмоядровое масло (ПЯМ) из ядер плодов и (2) ПМ из мезокарпия-межплодника (Рисунки 3 и 4). Пищевое ПМ, которое имеется в мезокарпии пальмового плода, извлекается при помощи разных методов. Наиболее рас-

Рисунок 2

Основные регионы производства и потребления ПМ



Примечание: Рисунок создан авторами.

Рисунок 3

Внешний вид ПМ



Пальмовый олеин (ПО)



Пальмовый стеарин (ПС)

Примечание: Рисунок создан авторами.

Рисунок 4

Особенности производства ПМ



Примечание: Рисунок создан авторами.

Схема производства пальмового масла



пространенными методами извлечения ПМ из мезокарпии пальмового плода является влажный или сухой отжим (Mba, 2015).

Сырое ПМ, известное также как красное ПМ, извлеченное влажным или сухим отжимом, содержит триа-

цилглицериды (ТАГ), витамин Е, каротиноиды, фитостеролы, а также ряд примесей, таких как фосфолипиды, свободные ЖК, камеди и продукты окисления липидов. Продукты окисления липидов удаляют в процессе рафинирования — путем центрифугирования и сушки, а высушенное ПМ потом охлаждают и хранят в соот-

ветствующих контейнерах (Sambanthamurthi, 2000; Obibuzor, 2012).

ПЯМ представляет самый богатый природный источник каротиноидов (500–700 ppm), токоферолов и токотриенолов (600–1200 ppm), которые повышают устойчивость к окислению стабильности и питательные свойства (Mba, 2015; Sambanthamurthi, 2000; Edem, 2002; Sundram, 2003; Souganidis, 2013). Антиоксидантные свойства этих биологически активных соединений, проявляются в основном против активных форм кислорода, играют определенную роль в замедлении процессов старения, в снижении риска ССЗ и в профилактике рака (Edem, 2002; Ong, 2002; Sen, 2007). Кроме того, сообщается, что токотриенолы являются природными ингибиторами синтеза холестерина (ХС) и нормализуют липидный обмен (Edem, 2002).

Несмотря на высокое качество ПЯМ и его полезные свойства, пищевая промышленность требует ПМ светлого цвета, что предполагает его обязательную очистку с помощью химической обработки (щелочью или кислотой) (Čmólik, 2000; Dunford, 2012) или физическими методами (рафинирование паром, отгонки легких фракций инертным газом, молекулярной дистилляции, мембранной фильтрации и т.д.) (Dunford, 2012; Gunstone, 2011). После отбелки и дезодорирования ПМ, применяются и другие способы очистки. Например, после щелочной обработки, примесив в виде камедей удаляют центрифугированием. Летучие продукты удаляют путем перегонки при более высокой температуре и пониженном давлении. ПМ, полученное в процессе такой обработки бесцветно, пресно и стабильно. С другой стороны, обработка щелочью вызывает потери полезных нейтральных ТАГ (Dunford, 2012; Gunstone, 2011), а также вызывает окислительные процессы (Dunford, 2012). Поэтому, очищенное ПМ имеет более низкую стабильность при хранении, чем красное ПМ. В нем также дополнительно удаляют также фосфор в процессе дегумирования, чтобы избежать присутствия фосфорной кислоты в конечном продукте (Dunford, 2012).

Дезодорированное ПМ с низким содержанием свободных ЖК, низким содержанием примесей и хорошо отбеленное считается продуктом высокого качества и для использования в ПП, а красное ПМ — наоборот, продуктом низкого качества М, которое используется для технических целей: для производства биотоплива, свечей, косметики и мыла (Henson, 2012). ПМ и ПЯМ имеют различные физические и химические свойства, в зави-

симости от их предполагаемого применения (Mba, 2015; Ong, 2002). Как показано в Таблице 1, ПЯМ содержит 85 % насыщенных ЖК, в основном это лауриновая кислота (ЛАК) и миристиновая кислота (МК), в то время как ПМ содержит 50 % насыщенных ЖК (пальмитиновую кислоту (ПК) — 44 % и стеариновую кислоту (СК) — 5 %), а также 40 % мононенасыщенных ЖК — в основном, олеиновую кислоту (ОК), и 10 % полиненасыщенных ЖК — в основном линолевая кислота (ЛИК) (Sambanthamurthi, 2000; Edem, 2002; Gee, 2007). ПК является главным компонентом ПМ, а также Ж человеческого молока (Jensen, 1996).

Таблица 1

Состав ЖК ПМ из мезокарпия и ПЯМ

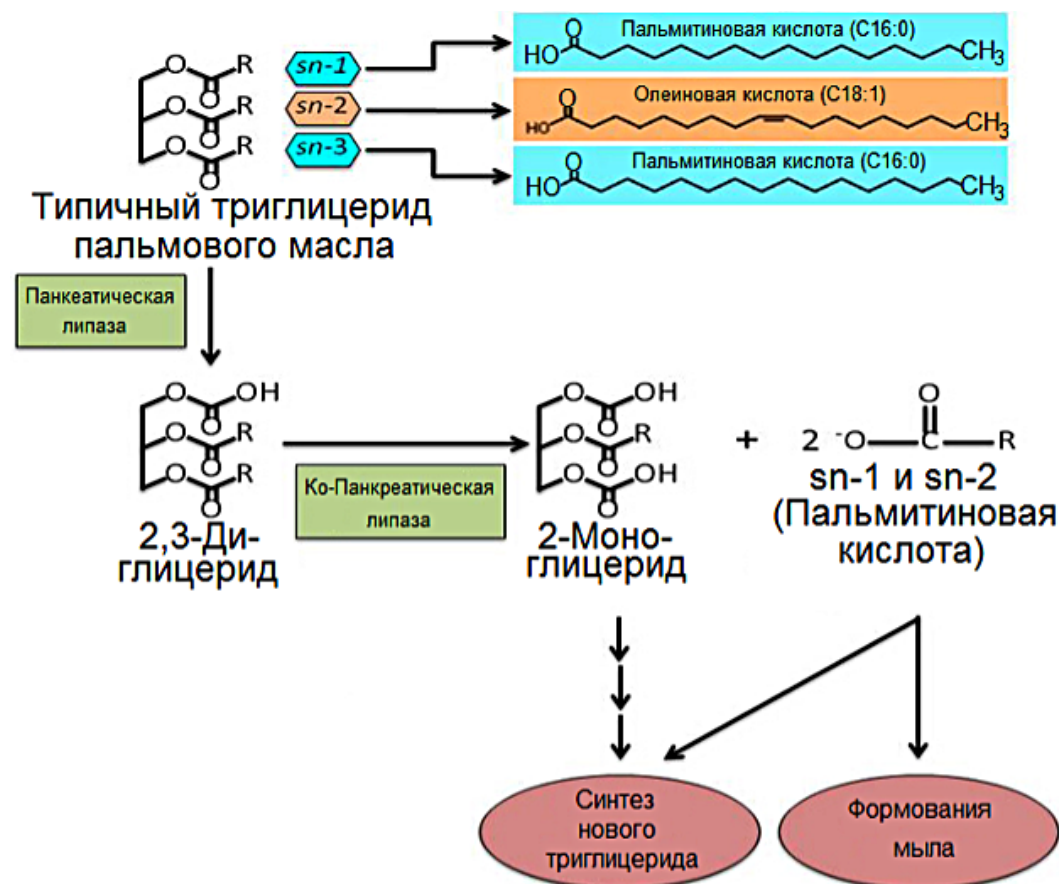
ЖК	ПМ	ПЯМ
Капроновая кислота (6:0)	—	0,2
Каприловая кислота (8:0)	—	3,3
Каприновая кислота (10:0)	—	3,5
ЛАК (12:0)	47,8	0,2
МК (14:0)	1,1	16,3
ПК (16:0)	44,0	8,5
СК (18:0)	4,5	2,4
ОК (18:1)	39,2	15,4
ЛИК (18:2)	10,1	2,4
Линоленовая кислота (18:3)	0,4	—
Арахидоновая кислота (20:0)	0,1	0,1
Всего: насыщенных ЖК	49,9	82,1
Всего мононасыщенных ЖК	39,2	15,4
Всего мононенасыщенных ЖК	10,5	2,4

Примечание. Таблица составлена авторами.

Применение рафинированного ПМ в ПП растет в геометрической прогрессии ввиду потребительских свойств этого продукта: текстуры, аромата и нейтрального вкуса. ПМ имеет 2-е основные фракции: (1) жидкий — ПО (65–75 %), с низкой температурой плавления и (2) тугоплавкий твердый — ПС (30–35 %). Различные фракции ПМ по-разному используются в ПП. ПО используется для жарки (из-за высокой температуры дымления, 230°C и при производстве маргарина и майонеза. ПС — в качестве заменителей М (Mba, 2015). ПМ входит в состав конфет, хлебобулочных изделий, шоколада, кондитерских Ж, тортов, сыра, чипсов, печенья, растительных М, крекеров, пончиков, замороженных блюд (пирожки, пицца, блины, картофель), мороженого,

Рисунок 5

Схематическое изображение гидролиза типичного ТАГ ПМ



Примечание. ПК, основная насыщенная ЖК ПМ, находится в SN-1 и SN-3 положениях ТАГ; другая насыщенная ЖК – ОК, находится в SN-2 положении; после переваривания, Ж участвуют в ресинтезе новых ТАГ и/или образовании Ca^{2+} или Mg^{2+} мыла. Рисунок создан авторами.

маргаринов, попкорна, лапши быстрого приготовления, растительных сливок, заправок для салатов, арахисового М, закусок, биологически активных добавок, супов, витаминов, спредов.

Несмотря на то, что некоторые эксперты считают, что ПО, содержащий около 48% ОК, может быть заменой оливкового М в здоровом рационе человека (Sambanthamurthi, 2000), дебаты, связанные с потенциальными последствиями для здоровья, в основном из-за высокого содержания ПК, продолжаются (Odia, 2015; Fattore, 2013; 2014; Bester, 2010). Тем не менее, ПМ, как и все растительные М не содержит ХС, Ж его состоят в основном из ТАГ ОК, преимущественно локализованных в положении SN-2, и ПК в SN-1 и SN-3 поло-

жениях (Рисунок 5). У ПК и СК ТАГ часто находятся в позиции SN-2, в отличие от Ж животного происхождения (Sambanthamurthi, 2000; May, 2014).

Пальмовое масло и пальмовая кислота: роль в развитии ОЖ и СД-2

ОЖ является метаболическим заболеванием, которое характеризуется избыточным накоплением белой жировой ткани в результате избытка энергии, запасенной в адипоцитах виде ТАГ, ответственных за их гипертрофию и гиперплазию (Dixon, 2010). В последние годы ОЖ приобрело масштабы эпидемии: около 1,9 млрд взрослых людей по всему миру и 42 млн детей в возрасте до 5

лет страдают ОЖ1. Заболеваемость и смертность, связанные с ОЖ, СД-2, гиперлипидемией и артериальной гипертензией, экспоненциально увеличилась (Korelman, 2000). Эти процессы стимулируют синтеза дипокинов, которые отвечают за хронические воспалительные процессы и метаболические нарушения, связанные с ОЖ (Exley, 2014). Жировая ткань при ОЖ содержит повышенное количество насыщенных ЖК, активирующих рецептор Toll-4 (TLR4) — опосредующий сигналы воспаления (Ajuwon, 2005; Bradley, 2008; Wang, 2013).

Насыщенные ЖК стимулируют также противовоспалительные механизмы посредством продукции активных форм кислорода TLR-независимым путем. Активные формы кислорода регулируют активацию зрелого интерлейкина-1 β (IL-1 β) из его неактивного предшественника про-интерлейкина-1 β (Ting, 2008; Franchi, 2009). Как следствие этого, интерлейкин-1 β оказывает даун-регулирующее влияние на инсулиновую сигнализацию в клетках-мишенях инсулина, обеспечивая воспалительный ответ, индуцированный насыщенными ЖК и приводит к развитию инсулинорезистентности (Jager, 2007; Wen, 2011).

Была обнаружена связь между высоким содержанием Ж, воспалением и наличием провоспалительных продуктов в плазме крови и, гибелью граммотрицательной

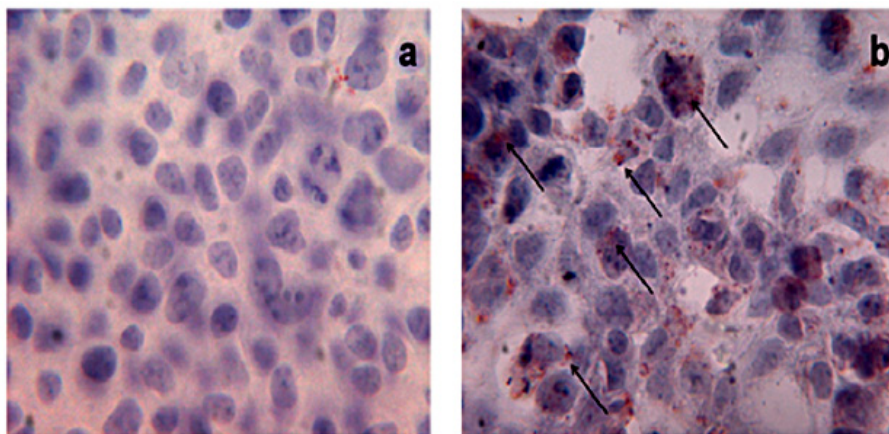
кишечной микрофлоры под влиянием липополисахаридов (ЛПС) или эндотоксинов (Cani, 2007; Cani, 2008). ЛПС, связанные с ЛПС-связывающими белками, индуцируют воспаление через активацию TLR-4 рецепторов и увеличение секреции в плазме провоспалительных цитокинов, таких как интерлейкин-1 β (Stoll, 2004). Более того, некоторые исследования показали, что метаболическая эндотоксемия может развиваться с участием ЛПС в процессе поглощения переваривания большого количества липидов (Ghoshal, 2009; Laugerette, 2011). Laugerette и соавторы установили, что ПМ увеличивает секрецию интерлейкина-1 β в адипоцитах 3T3-L1, в отличие от МК, ЛИК или α -ЛИК (Laugerette, 2012). Эти авторы продемонстрировали также синергетический эффект ПК и ЛПС в модуляции воспалительных процессов при использовании диет с различным содержанием Ж. ПМ, поступающее с пищей, индуцирует продукцию большого количества маркеров воспаления (интерлейкина-1 β , TLR4 и CD14) в плазме по сравнению с другими исследованными маслами у мышей (Laugerette, 2012).

Существует все больше доказательств связи между ОЖ и изменениями в микрофлоре кишечника (Ley, 2005; Musso, 2011). ПМ характеризуется большим коэффициентом усиления и накопления печеночных липидов у мышей линии C57BL/6J, одновременно с уменьшением микробного разнообразия в кишечнике по сравнению с другими М (оливковое М или сафлоровое М) (De Wit, 2012). Эти наблюдения подтверждают гипотезу о том, что чрезмерное потребление ПМ в рационе вызывает из-

¹ Всемирная организация здравоохранения. Ожирение и избыточный вес. <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>

Рисунок 6

Накопление ТАГ в клетках HEK293



Примечание. Окрашенные необработанные (а) и (б) обработанные ПК (1 мМ) клетки HEK293; красные точки указывают на депонирование ТАГ; увеличение $\times 40$. Рисунок позаимствован (Musa, 2012).

менения в компонентах микробиоты кишечника и определяет накопление липидов. Накопление ТАГ, опосредованное высокими дозами ПК (500 мкМ и 1 мМ) было также описано в клетках человека HEK293 (Рисунок 6) (Musa, 2012), при этом отмечалась существенная роль расщепления белка-3 (UCP3) в метаболизме ЖК с длинной цепью, таких как ПК. Эффекты интрацеребровентрикулярной инъекции ПМ на нагипоталамусную сигнализацию лептина, секрецию воспалительных маркеров энергетического метаболизма в печени недавно были проанализированы в экспериментах на мышах линии C57BL/6J (Cheng, 2015). Сообщается, что высокие дозы ПК вызывают противоспалительные реакции и резистентность к лептину, предрасполагающему к ОЖ. Тем не менее, не достаточно понятно влияние ПК на гипоталамус при высокожировой диете.

Еще одним важным аспектом является соотношение между питанием с различным содержанием липидов, потребляемых во время беременности и лактации и развитием ОЖ во взрослой жизни. Характер питания плода оказывает влияние на развитие ОЖ и/или заболеваний, связанных с ОЖ, в дальнейшей жизни (Thompson, 2007; Barker, 2004). Несколько исследований, проведенных на животных моделях, показали, что, потребление в период лактации диет, насыщенных Ж, выделенными из ПМ и/или частично гидрогенизированными Ж, вызывает накопление Ж у детенышей (Silva, 2006). На самом деле, потребление матерями ПМ и этерифицированных Ж из него, в составе обработанных пищевых продуктов, способствует развитию ОЖ у потомства во взрослой жизни (Magri, 2015).

При ОЖ увеличивается продукция провоспалительных цитокинов, таких как TNF- α , IL-6, лептин и адипонектин, влияющих как на секрецию и эффективность действия инсулина, так и на развивающуюся недостаточность функции β -клеток (De Rosa, 2013; Jiao, 2011; Kharroubi, 2015). На самом деле, ОЖ и СД-2 сильно взаимосвязаны, и их перекрывание приводит к большому количеству метаболических заболеваний, включая метаболический синдром (Daniele, 2008; Gallagher, 2015). Окислительный стресс существенно увеличиваются при СД-2, способствуя эндотелиальной дисфункции, которая провоцирует развитие артериальной гипертензии и других ССЗ у больных СД-2. В последнее время СД-2 связывают также с активацией иммунной системы и воспалением (Zhang, 2010). Роль потребления ПМ в развитии СД-2 является спорным вопросом, потому что трудно точно

различать эффекты ПМ и/или других жировых компонентов диеты. Некоторые данные свидетельствуют о том, что диета с добавлением ПМ ухудшает толерантность к глюкозе у мышей (Kochikuzhyil, 2010). Это может быть связано со снижением чувствительности к инсулину (И), вызванной диетой, содержащей ПМ и, соответствующим увеличением сывороточных ТАГ, повышающих резистентность к И (Storlien, 2000). Кроме того, несколько исследований, с участием животных и людей, показали, что состав ЖК в их рационе, влияет на текучесть фосфолипидов в мембранах мышечных клеток и лиганд-рецепторное взаимодействие инсулиновых рецепторов с И (Ariyama, 2010). Применение ПМ привело к уменьшению индуцированной И скорости поглощения глюкозы жировыми клетками крыс, в отличие от подсолнечного масла (Van Amelsvoort, 1986).

Исследования ПМ, проведенные на людях, дали противоречивые результаты. ПМ, которое давали в течение 4-х недель 30 больным СД-2, не оказало существенного влияния на концентрацию глюкозы в плазме крови (Kritchevsky, 2002). В другом исследовании, проведенном на 39 пациентах, было установлено, что, чрезмерное потребление насыщенных ЖК, содержащихся в ПМ (в основном ПК) приводило к накоплению висцерального Ж в печени (Rosqvist, 2014). В крупном клиническом исследовании EPIC-InterAct, проведенном на 12403 больных-европейцах с СД-2, было установлено, что различные насыщенные ЖК (МК, ПК и СК) оказывают различное влияние на течение этого заболевания. Интересно отметить, что авторами исследования было подчеркнуто, что ПК может также быть синтезирована эндогенно посредством неополигонолиза, метаболического пути, стимулируемого повышенным потреблением углеводов и спирта. Все это вносит дополнительные сложности в определении степени влияния ПМ на развитие и течение СД-2, т.к. очень трудно провести различие между эндогенными и экзогенными эффектами ПК (Forouhi, 2014).

Кроме того, исследования *in vitro* показали, что ПК непосредственно снижает секрецию И в культуре гепатоцитов крыс, а также жизнеспособность клеток поджелудочной железы и секреции И (Yang, 2013). Были предложены 3 основных механизма этого процесса: (1) *Снижение жизнеспособности и индукции апоптоза путем стрессорного воздействия на эндоплазматический ретикулум*. В клетках Лангенгарса крысы, ПК вызывает токсический эффект. Такие же токсические эффек-

ты насыщенных ЖК были описаны в разных типах клеток (Jiao, 2011; Simon-Szabó, 2014; Wei, 2006; Diakogiannaki, 2008). Кроме того, насыщенные ЖК могут напрямую взаимодействовать с мембранным бислоем эндоплазматического ретикулума, изменяя его морфологию и функцию (Ariyama, 2010); (2) *Ингибирование фосфорилирования, стимулируемого И*. ПК заметно ухудшает процесс фосфорилирования и, следовательно, активацию инсулиновых рецепторов в нескольких типах клеток, что способствует к возникновению резистентности к И (Mordier, 2007); (3) *Убиквитинирование ключевых инсулиновых сигнальных молекул*. ПК облегчает убиквитинирование и, следовательно, вызывает деградацию протеосом рецептора И, субстрата инсулинового рецептора-1 и Akt-субстрата (Ishii, 2015).

ПМ и ПК: роль в возникновении онкологических заболеваний (ОЗ)

Существует достаточное количество данных о том, что в дополнение к известным факторам риска, потребление Ж играет важную роль в определении риска развития ОЗ (Hodge, 2015; Jackson, 2012; Shen, 2012; Brouwer, 2004). В течение многих десятилетий эпидемиологические исследования показали прямую связь между общим потреблением Ж и риском ОЗ молочной железы, колоректального и ОЗ простаты. Исходя из этих данных, можно предположить, что пища с высоким содержанием Ж (> 25 % Ж) вызывает значительный риск развития ОЗ по сравнению с питанием с низким содержанием Ж (<20 % Ж). Эта гипотеза подтверждается также данными ряда исследований, проведенных в последнее время. При исследовании женщин в состоянии постменопаузы, была обнаружена положительная связь между общим потреблением ПК и СК и заболеваемостью ОЗ молочной железы (Sczaniewska, 2012). В другом когортном клиническом исследовании было показано, что высокие уровни потребления ПК связаны с увеличением риска ОЗ молочной железы в постменопаузе на 89 % (Saadatian-Elahi, 2004). Несмотря на то, что это ряд исследований подтверждает гипотезу риска ОЗ молочной железы, связанного с потреблением Ж, другим проспективным исследованием не удалось подтвердить эту гипотезу. В них сообщается об отсутствии такой связи (Sieri, 2008) или даже о том, что потребление мононенасыщенных ЖК приводит снижению риска ОЗ (Wolk, 1998; Lof, 2007). Лишь немногие исследования сообщили о значительном повышении риска развития ОЗ мо-

лочной железы, связанных с потреблением мононенасыщенных ЖК (Thiebaut, 2007).

Клиническое когортное исследование случай-контроль, проведенное в Шотландии, показало, что, ПК вместе с другими мононенасыщенными и насыщенными ЖК напрямую связаны с риском развития ОЗ прямой кишки в зависимости от дозы; с другой стороны, были названы и другие возможные факторы, такие как семейная история ОЗ, уровень потребления калорий/или потребления клетчатки, наркотики, курение, индекс массы тела, а также физическая активность (Theodoratou, 2007).

Что касается ОЗ предстательной железы, то данные эпидемиологических исследований противоречивы. Проспективное исследование, проведенное в Японии показало, что ПК повышает риск развития ОЗ предстательной железы в зависимости от дозы (Kurahashi, 2008). Аналогичные результаты получены в другом исследовании, проводившемся по принципу случай-контроль (Crowe, 2008). Однако, Jackson и соавторы установили, как высокие уровни поступления в организм человека с пищей мононенасыщенных ЖК, а также умеренные их концентрации в плазме обратно пропорционально связаны с развитием ОЗ простаты (Jackson, 2012).

Противоречивые результаты этих исследований могут быть обусловлены различными причинами: 1) размером выборки, которая, возможно, не была достаточно большой, чтобы наблюдать статистически значимую положительную связь; 2) использованием различных биомаркеров ЖК в крови или жировой ткани с различной временной экспозицией; действительно, профиль ЖК в жировой ткани отражает относительное потребление в течение 2-х лет, в то время как уровень ЖК в крови указывает на недавнее их потребление; 3) гетерогенностью популяций исследования, которые показывают различные характеристики (например, возраст, гормональный статус, индекс массы тела, физическая активность); 4) дополнительными факторами риска развития ОЗ (ОЖ, вес, курение, наркотики и алкоголь) и других патологических состояний (наличие или не от ОЗ), влияющих на метаболизм липидов и, как следствие, потребление ЖК. В исследованиях *in vitro* и на животных моделях было обнаружено различное влияние насыщенных ЖК, таких как ПК и других, были на пролиферацию клеток и развитие опухолей (Hardy, 2000; Rossini, 2013).

Противоречивые результаты этих работ могут быть связаны с различными способами введения ЖК животным.

Тем не менее, такие результаты подняли новые вопросы о ключевой роли ЖК (насыщенных, мононенасыщенных, полиненасыщенных), а не только их количеств и развитии ОЗ. Имеются данные о том, что ЛИК, и др., относящиеся к группе омега-6 полиненасыщенных ЖК, стимулируют развитие ОЗ молочной железы, ОЗ предстательной железы и колоректального (Bartsch, 1999; Kolonel, 1999). В то время как полиненасыщенные омега-3 ЖК линоленовой группы, особенно морского происхождения (эйкозапентаеновая кислота и докозагексаеновая кислота), напротив, тормозят рост опухолей (Escrich, 2006). Rossini и соавторы установили в экспериментах на мышах, что диета, лишенная ЖК снижает вероятность возникновения опухолей молочных желез, но не влияет на скорость роста опухоли (Rossini et al., 2013). В связи с тем, что люди не в состоянии долго находиться на такой без жировой диете, исследователи предположили, что лишенная Ж диета может препятствовать возникновению ОЗ, но не оказывает никакого эффекта на онкогенез. Аналогично ОЗ молочной железы, в исследовании Hodge и соавторов, проведенном в 2015 г. не выявлено никакой связи между потреблением ПК, мононенасыщенных ЖК, полиненасыщенных омега-6 ЖК и развитием ОЗ прямой кишки и ОЗ толстой кишки, и, в то же самое время, было установлено, что полиненасыщенные омега-3 ЖК, связанные с риском развития ОЗ (Hodge, 2015).

Все представленные исследования, проведенные как на животных моделях, так и в клинике, подтверждают гипотезу о том, что, в дополнение к общему количеству потребленных ЖК, их соотношение в рационе может влиять на канцерогенез. Kuriki и соавт. 2006() сообщили о том, что риск развития ОЗ ободочной и прямой кишки был напрямую связан не только с содержанием ПК в мембране эритроцитов, но и с соотношением насыщенных и полиненасыщенных ЖК. Напротив, Шеннон и соавт. (2007) сообщили о наличии прямой связи между ПК вместе пальмитолеиновой кислотой и риском развития ОЗ молочной железы. Однако, когда обе кислоты были проанализированы независимо друг от друга; наблюдалась обратная связь с риском развития ОЗ молочной железы. Это последнее открытие может быть связано с более низкой концентрацией пальмитолеиновой кислоты, которая производится из ПК δ -9-десатуразой. ПК, в свою очередь, является основным конечным продуктом реакции синтеза ЖК.

Хотя в настоящее время понятно, ПК и отношение ее к общему потреблению ЖК в большей степени отражают состояние липидного обмена по сравнению с общим содержанием Ж в пищевом рационе, очень мало известно о потенциальных механизмах, посредством которых эти насыщенные ЖК могут вызывать канцерогенез. На молекулярном уровне потребление ЖК может повлиять на развитие ОЗ путем модификации и/или изменениями: (1) гормонального статуса, (2) состава клеточной мембраны, (3) клеточной сигнализации. ОЖ, опосредованное приемом ЖК может стимулировать *de novo* синтез гормонов, таких как эстрогены, производство которых вызывает клеточную пролиферацию, тем самым определяя более высокий риск развития ОЗ (Escrich, 2011). Кроме того, потребление ЖК может повлиять на соотношение насыщенных и мононенасыщенных ЖК в фосфолипидном составе клеточной мембраны, изменяя, таким образом, множество ассоциированных с мембранами функций. Было обосновано, что потребление ЖК может иметь иммунодепрессивное действие и определить риск развития ОЗ путем изменения в мембранах клеток иммунной системы (Calder, 1999). Кроме того, белковый состав клеточной мембраны изменяется при потреблении ЖК с пищей, вследствие их влияния на межклеточные взаимодействия и реакции клетки на факторы роста (Ge, 2001). Нельзя также исключить возможные модификации мембранных белков в процессе пальмитоилирования и миристилирования, приводящего к изменениям функции и локализации ключевых белков при подавлении роста опухоли.

Исследования *in vitro* и *in vivo* показали, что специфические ЖК могут способствовать клеточной инвазии и метастазированию (Soto-Guzman, 2010; Matsuoka, 2010). Тем не менее, противоречивые результаты были получены при исследовании роли разных ЖК, в частности, в процессах клеточной пролиферации и апоптозе. В этом контексте, Харди и соавторы сообщили о противоположном эффекте влияния на пролиферацию клеток ОЗ молочной железы 2-х наиболее распространенных циркулирующих ЖК — ПК (насыщенная) и ОК (ненасыщенная). В частности, авторы сообщили, что ПК индуцирует апоптоз, а ОК способствует пролиферации клеток и предотвращает про апоптотический эффект, индуцированный ПК (Hardy, 2000). Действие обоих, насыщенной и ненасыщенной ЖК, опосредован PI3-K, однако потенциальный механизм остается не до конца изученным, а также проапоптотический механизм действия ПК.

Пальмовое масло и пальмовая кислота: роль в развитии ССЗ

ССЗ представляют собой основную причину смерти во всем мире. Основные биомаркеры ССЗ, содержащиеся в сыворотке или плазме крови — это общий ХС, холестерин липопротеинов низкой плотности (ХС-ЛПНП), холестерин липопротеинов высокой плотности (ХС-ЛПВП), ТАГ холестерин липопротеинов очень низкой плотности (ХС-ЛПОНП). Кроме того, это аполипопротеин А-I (АpoA-I) и В (АpoB), которые отражают вариации в ХС-ЛПВП и ХС-ЛПНП, соответственно (Kronenberg, 1999; Walldius, 2001). В частности, низкий уровень Аpo A-I и высокий уровень АpoB, связаны с повышенным риском ССЗ и соотношение АpoB/АpoA-I считается хорошим прогностическим показателем ССЗ (Walldius, 2004).

В 1950 г. Toshima и его группа показали, что повышенный уровень насыщенных ЖК в рационе питания являются важным предикторами ССЗ. Было установлено конкретное уравнение для прогнозирования уровня ХС в сыворотке, в зависимости от приема насыщенных ЖК (Keys, 1984; 1986; Kromhout, 1989; Menotti, 1989). Затем представители этой «липидной теории» заявили, что чрезмерное потребление насыщенных ЖК отвечает за гиперхолестеринемию, которая вызывает предрасположенность к более высокому риску ССЗ: увеличение на 20 мг/мл общего ХС в сыворотке крови повышает риск развития ССЗ на 12 % (Verschuren, 1995). В то же время, Mensink и соавторы (Mensink, 1992; 2003) показали, что наиболее благоприятный липидный профиль достигается при мононенасыщенных и полиненасыщенных ЖК вместо насыщенных.

В многоцентровом международном клиническом исследовании, проведенном в 1980–1997 годах, Chen и соавторами (Chen, 2011) оценивалось влияние потребления ПМ на риск смертности от ишемической болезни сердца (ИБС) и инсульта. В этом исследовании анализировались 23 страны, которые были разделены на развивающиеся страны и страны с высоким уровнем доходов. Было установлено, что каждые дополнительные кг ПМ, потребляемые на душу населения, ежегодно определяют более высокий уровень смертности ИБС в развивающихся странах по отношению к развитым. Такая же тенденция отмечена и в смертности от инсульта, но в этом случае данные не были статистически значимыми, т.к. уровень ХС-ЛПНП в крови напрямую не связан с артериальной гипертензией.

Тем не менее, в настоящее время становится ясно, что как благоприятные, так и неблагоприятные изменения биомаркеров ССЗ наблюдаются тогда, когда рацион состоит в основном из насыщенных ЖК ПМ (Fattore, 2013; 2014). В исследованиях, где ПМ сравнивали с соевым М (Fattore, 2013; Utarwuthipong, 2009), оливковым М (Fattore, 2013; Truswell, 2000), подсолнечным М (Fattore, 2013; Truswell, 2000) и рапсовым М (Fattore, 2013; Vega-López, 2006), не наблюдалось существенных различий в профиле липидов в сыворотке крови. Кроме того, в других исследованиях у здоровых людей не было обнаружено существенных изменений в липидном профиле и связи между добавлением в пищу ПМ и риском ССЗ, особенно когда они потребляли рекомендуемое количество полиненасыщенных ЖК (Clandinin, 1999; Clandinin, 2000). Было установлено также, что потребление ПМ не оказывает заметного влияния на соотношение биомаркеров риска ССЗ АpoB/АpoA-I (Marzuki, 1991; Sundram, 1994; 1997).

Кроме того, хорошо известно, что число атомов углерода в цепи ЖК, степень насыщения и стереоспецифическое позиционирование в структурах ТАГ может сильно изменить поглощение ЖК, тем самым влияя на метаболизм и их роль в развитии ССЗ (Ong, 2002; Favé, 2004; Karupiah, 2007). На самом деле, биомаркеры (ХС, ХС-ЛПНП, ХС-ЛПВП и ХС-ЛПОНП) ухудшаются тогда, когда поступающие насыщенные ЖК характеризуются более короткими углеродными цепями, как у ЛАК (C12:0) и МК (C14:0). Эти ЖК способны повысить уровень всех фракций ХС (благоприятных и неблагоприятных) более значительно, чем ПК (C16:0), а та, в свою очередь, более значительно, чем СК (C18:0) (Kromhout, 1995; Clarke, 1997). Кроме того, атерогенность конкретного ТАГ связана со степенью насыщения ЖК в положении SN-2 (Renaud, 1995; Kritchevsky, 1998; 2000; 2002).

Сравнивая различные Ж животного происхождения и растительные М, процент ПК, находящейся в положении SN-2 составлял 66 % в коровьем М, 58 % в грудном молоке, 34 % в коровьем молоке, на 4,4 % в ПМ и 0,3 % в оливковом М (Karupiah, 2007). На самом деле, как показано на рисунке 1, типичные ТАГ ПМ и ПК симметричны в позициях SN-1 и SN-3, а ОК в положении SN-2. Длинноцепочечные ТАГ ухудшают скорость всасывания из просвета кишечника, когда они занимают SN-1/SN-3 положения глицерина. Под влиянием липазы они преобразуются в свободные ЖК, которые имеют тенденцию к образованию нерастворимых мыл и выделяются с фе-

калиями (López-López, 2001), вместо того, чтобы быть преобразованы в соли желчных кислот (Favé, 2004). Эти данные говорят о том, что ПМ не связано с повышенным риском атерогенности ССЗ при соблюдении сбалансированной диеты (Ong, 2002).

В исследованиях на кроликах сравнивались атерогенные эффекты ПМ, ПЯМ и ПМ, в которое добавлялись каротиноиды, токотриенолы и токоферолы (Kritchevsky, 2002). Животные в течение 90 дней получали высокохолестериновую диету (1 % ХС) и 13 % испытуемых масел. Было установлено, что у группы животных, которая получала ПМ с добавлением каротиноидов, токотриенолов и токоферолов был повышен уровень ТАГ, а уровень общего ХС не различался между группами. Авторы предположили, что природные продукты не могут быть легко воспроизведены в результате обычного добавления и смешивания отдельных компонентов.

Пальмовое масло в детском питании

В раннем детском возрасте особенности питания оказывают значительное влияние на здоровье детей и предрасположенность к тем или иным заболеваниям у взрослых и могут рассматриваться как один из важнейших факторов, определяющих качество жизни человека. Однако большое количество младенцев первых недель и месяцев жизни по тем или иным причинам получают дополнительно к грудному молоку детские смеси или находятся на полном искусственном вскармливании (Mazzocchi, 2022). В большинстве детских молочных смесей в качестве источника белка используется молочный сывороточный белок и казеин, а в качестве источника углеводов — лактоза. В качестве источника Ж не используют коровье молоко, т.к. оно содержит в 3 раза меньше незаменимой ЛИК, чем грудное молоко, и значительно отличается по структуре ТАГ. Насыщенные Ж, входящие в состав Ж коровьего молока, могут повышать риск развития атеросклероза и сахарного диабета в последующие годы жизни ребенка. Это послужило причиной использования в молочных смесях растительных М (Byrne, 2021). Производители стараются приблизить количественный и качественный состав ЖК и их пропорции максимально близко к составу и пропорциям в грудном молоке и для этого используют смеси различных М. В 1970–80-е гг. в качестве источника ПК разработчики стали вводить ПМ, а точнее, его более жидкую фракцию — ПО, содержащий большое количество ПК (May, 2014). Отличительной

особенностью ПМ (ПО) является устойчивость к окислению, что обуславливает возможность более длительного хранения при сохранении его качества. ПМ представляет смесь ТАГ — эфиров глицерина и ЖК. По данным CODEX alimentarius в его составе также содержится небольшое количество ХС (2,3 мг на 100 г) (May, 2014). Отношение насыщенных и ненасыщенных ЖК в ПМ 1:1. Основной ЖК является ПК (38–43,5 % от общего количества ЖК), входящая в класс насыщенных ЖК.

Ингредиент ПМ (чаще в виде фракции ПО) на сегодняшний день является распространенной основой жирового состава детских смесей, составляя в общем жировом компоненте от 45 % и более. Оно входит в состав как традиционных молочных смесей, так и смесей на основе гидролизата молочного белка, смесей для недоношенных, смесей на основе изолята соевого белка и низколактозных смесей. Изначально ПО (который в России в составе и на этикетках именуется обычно просто ПМ) был введен в состав детских смесей (ДС) в последние два десятилетия XX века с целью повторить жирнокислотный состав Ж грудного молока, в котором содержится около 20–24 % ПК. Несмотря на кажущуюся схожесть ДС на основе ПО с грудным молоком по общему содержанию ПК, положение ПК в ТАГ цельного ПМ и ПО, с одной стороны, и ТАГ грудного молока, с другой, кардинально отличается. И это различие оказывает влияние на всасывание Ж и Ca^{2+} . Большая часть (70 %) ПК в грудном молоке находится в центральном β -положении, а ПК в ПМ находится преимущественно в крайних α -позициях (Padial-Jaudenes, 2020). При поступлении Ж грудного молока в кишечник панкреатическая липаза отщепляет ненасыщенных ЖК из боковых положений, оставляя нетронутой насыщенную ПК в центральном положении. В результате этого образуется 2-моноацилглицерид, который образует с солями желчных кислот смешанные мицеллы и хорошо всасывается. При потреблении смесей на основе ПМ ПК находится преимущественно в α -положениях и гидролизуетс липазой с высвобождением свободной ПК. Свободная длинноцепочечная ПК необратимо соединяется с Ca^{2+} (обильно представленным в ДС для обеспечения развития скелета ребенка). В результате образуются нерастворимые и не абсорбируемые комплексы кальция пальмитата ($\text{Ca}(\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COO})_2$). Эта соль представляет собой нерастворимое мыло. Оно не всасывается в кишечнике и теряется со стулом, делая его более плотным и уменьшая его частоту. Это приводит к снижению всасывания

Ca^{2+} и ЖК и сопровождается отставанием в минерализации растущего скелета (Mehrotra, 2019; Коо, 2006).

Таким образом, комбинация растительных М с преобладанием ПО лишь количественно повторяет Ж грудного молока, а качественно сильно отличается от последнего. Еще Европейское общество детской гастроэнтерологии, гепатологии и питания в своих широко известных рекомендациях (Koletzko, 2005) по составу базовых ДС от 2005 г. напоминает всем нам о важном принципе создания заменителей женского молока: «Состав грудного молока здоровых женщин при правильном питании может служить образцом для состава ДС, но общая схожесть состава не является ни адекватным мерилем, ни показателем безопасности и нутритивной адекватности детских смесей». Такой состав ЖК увеличивает риск развития атеросклероза и ограничивает использование ПМ у взрослых и детей старше 2 лет. Добавление в пищу младенцев ПМ имеет свои негативные последствия, главным образом, это снижение усвоения Ca^{2+} и Ж, отставание минерализации костей, а также диспептические симптомы: увеличение частоты колик, срыгивания, плотности стула и запоров.

Еще в 1918 г. появились первые медицинские публикации, связывающие распространенные расстройства пищеварения у младенцев, вскармливаемых коровьим молоком и слабо адаптированными смесями на основе коровьего молочного Ж (с высоким содержанием Ca^{2+}), с появлением в их стуле кальциевых мыл (Bosworth, 1918). Тогда же было предложено уменьшать содержание Ca^{2+} в смесях для профилактики омыления стула (Holt, 1918). Bosworth (1918) в статье, посвященной распространенным расстройствам желудочно-кишечного тракта у младенцев на искусственном вскармливании указывает, что широко признанным среди педиатров фактом является то, что переваривание и всасывание или невсасывание Ж — это, вероятно, причина большей части проблем, встречающихся у младенцев на искусственном вскармливании, которые получают коровье молоко в той или иной модификации. Исследования стула младенцев, для того чтобы выявить появление избытка мыл в стуле, стали обычной практикой во многих лечебных учреждениях в западных странах. Однако, в результате использования специальных «воссозданных» или «декальцифицированных» молочных смесей у младенцев на искусственном вскармливании большей экскреции Ca^{2+} со стулом, чем при грудном вскармливании не наблюдается. Bosworth (1918) полагает, что эти специальные смеси

делают возможным улучшить кормление по сравнению с обычными смесями на основе коровьего молока, потому что на последних дети страдают от сильной потери Ж за счет мыльного стула; а также в связи с тем, что такое кормление вызывает сильный запор, часто ведущий к общему расстройству.

Holt (1920; 1935) публикует ряд научных исследований, посвященных взаимодействию всасывания Ca^{2+} , Ж, и зависимости их абсорбции от длины углеводородной цепи конкретных ЖК. При изучении проблемы нарушения всасывания Ж и Ca^{2+} при потреблении различных комбинаций Ж животного и растительного происхождения было установлено, что 2-е длинноцепочечные насыщенные ЖК (ПК и СК) хуже всасываются в кишечнике, когда они находятся там в свободном состоянии. Кроме того, именно эти ЖК, находясь в кишечнике в свободном состоянии (с незанятой карбоксильной группой), обладали способностью крепко связывать Ca^{2+} , образуя нерастворимые кальциевые мыла (Holt, 1920; Holt Jr., 1935). Е.М. Widdowson и соавт. (1965), исследовали ДС с содержанием насыщенных ЖК (ПК и СК), более близким к грудному молоку, и обнаружили снижение всасывания Ca^{2+} и Ж. Кроме того Raven и Robinson (1960), которые изучали всасывание различных типов ПМ у телят установили связь повышенной потери Ж со стулом с повышенной потерей Ca^{2+} ($p=0,001$) и высказали мнение, что количественное содержание ЖК в растительных Ж имело меньшее значение для сниженной их абсорбции, чем их расположение в ТАГ (Raven, 1960). Для борьбы с нарушением всасывания Ж (и Ca^{2+}) из ДС с большой долей ПК в неблагоприятном боковом (α) положении начали создаваться синтетические (структурированные) ТАГ, в которых ПК располагалась в благоприятном центральном (β) положении. Такое структурированное М часто называется β -пальмитатом или SN_2 -пальмитатом (López-López, 2001; Bongers, 2007).

Первой запатентованной американской смесью, основанной на ПМ (именно на цельном ПМ, а не ПО), очевидно, была смесь компании «The Borden Company». До этого на рынке были распространены смеси, зачастую содержащие комбинацию растительных и животных Ж (таких как сливки и говяжий Ж, экспериментальное сало). В этой новой смеси были только растительные М с примерными пропорциями (без учета лецитина): цельное ПМ — 50 %, кокосовое М — 25 %, арахисовое М — 25 % (Fomon, 1975). «Первый β -пальмитат» (живот-

ного происхождения), был получен фармацевтической компанией «American Home Products» (которая с 2002 г. стала известна как «Wyeth») под названием «Детская смесь с жировым составом как в женском молоке». В тексте патента приводятся сравнения 2-х комбинаций пищевых Ж (в каждой из которых содержится 70 % сала) с грудным молоком по количественному составу ЖК и доле каждой в β -позиции в ТАГ. Согласно их данным, в грудном молоке 68 % ПК содержится в β -положении. По β -пальмитатным жировым комбинациям (с салом) эта доля составляет 59 и 71 %. Было обнаружено, что лучшая всасываемость Ж женского молока в значительной степени связана с высокой долей β -пальмитата, т.е. ПК во 2-й позиции в молекуле ТАГ. Считается, что положение ПК имеет значение, потому что в кишечном тракте панкреатическая липаза переваривает ТАГ с образованием 2-х свободных ЖК и β -моноглицерида. Т.е. липаза высвобождает именно ЖК в α -положении в молекуле ТАГ, оставляя в основном нетронутой ЖК в β -положении. Также длинноцепочечные насыщенные ЖК, т.е. ПК и СК, присутствующие в свободном виде после переваривания ТАГ, как известно, сравнительно плохо всасываются в отличие от ситуации, когда эти кислоты связаны в β -моноглицериде. Ж, имеющие ПК в β -положении, как было показано, всасываются отлично».

С 1987 г. Компания «Loders Croklaan» выпускает современный β -пальмитат (структурированное растительное М как ингредиент) под торговой маркой «Betapol». Патентуемым продуктом являются синтетические ТАГ с долей насыщенных ЖК в β -положении не менее 40 % и процедура их получения. После появления на рынке США в начале 1990-х гг. первой ДС на основе ПО самая знаменитая в США лаборатория по метаболическим исследованиям у грудных детей — лаборатория Сэмюэля-Фомона — провела прямое клиническое сравнение (Nelson, 1996) этой новой смеси на основе ПО с ДС без ПМ. Данное исследование проводилось под руководством Э. Зиглера — основателя балансовых исследований по нутритивным потребностям глубокого недоношенных младенцев, данные которых взяты за основу в рекомендациях Американской академии педиатрии 1985 г. Как и ожидалось из предыдущего опыта исследования абсорбции Ж и Ca^{2+} , на смеси с ПМ (и избытком α -пальмитата) абсорбция Ca^{2+} снижалась с 53,3 до 38,2 % ($p < 0,01$), и абсорбция Ж снижалась с 95,2 до 90,6 % ($p < 0,001$) (Nelson, 1996). После внесенных производителями изменений жирового состава коммерческих смесей через год данное исследование

было повторено (Nelson, 1998). Результаты оказались воспроизводимыми. При применении смеси на основе ПО абсорбция Ca^{2+} снижалась с 57,4 %, на смеси без ПМ — до 37,5 % ($p < 0,01$), и абсорбция Ж снижалась с 98,5 до 90,0 % соответственно ($p < 0,01$).

В одном очень крупном проспективном обсервационном исследовании (Alarcon, 2002), проводившемся в 17 странах мира и включившем 6999 детей, смесь на основе ПМ также ассоциировалась с увеличением плотности стула с 2,99 до 3,23 баллов ($p < 0,001$) и уменьшением его частоты с 2,22 до 1,44 раз в сутки ($p < 0,001$). Также на смеси без ПМ колики встречались на 62,5 % реже, и средняя частота срыгиваний уменьшалась с 0,69 до 0,56 ($p < 0,001$) по сравнению с другими смесями. Опубликовано не менее 3-х крупных хорошо спланированных клинических исследований (Alarcon, 2002; Specker, 1997; Kennedy, 1999; Carnielli, 1995), которые оценивали различия в минерализации костей в зависимости от присутствия в ДС ПМ. В других клинических исследованиях также подтверждены те или иные неблагоприятные эффекты избытка α -пальмитата в жировом составе ДС (Carnielli, 1995; 1996; Lucas, 1997; Bongers, 2007; Litmanovitz, 2011).

На основании систематического обзора опубликованных проспективных клинических исследований (Коо, 2003; Санникова, 2013; Верткин, 2013) делают вывод о том, что применение ПМ с целью добиться такого же содержания ПК в смеси, как в грудном молоке, имеет незапланированные последствия и его избегание в смеси или замена на синтетические ТАГ (β -пальмитат) может предотвратить вредное воздействие. Поэтому, заменители грудного молока должны достигать оптимального физиологического эффекта, а не просто поверхностно копировать нутриентный состав грудного молока.

Влияние пальмового масла на здоровье

В Институте биохимии биологически активных соединений НАН Беларуси было проведено исследование, целью которого было оценить, как присутствие ПМ и рапсового М в диете влияет на абсорбцию и накопление в печени основных насыщенных и ненасыщенных ЖК, а также на уровень транс-ЖК (Кирко, 2017). Экспериментальные животные (крысы) были разделены, на те которые получали ПМ и рапсовое М в объеме 5 % от общего жирового содержимого диеты (30 % от суточного рациона). Самки еще одной группы получали уве-

личенную дозу ПМ (10% от жирового рациона). Сравнительная оценка уровня ХС в плазме крови показала достоверное его увеличение в группе с большим содержанием ПМ. Уровень ТАГ был достоверно повышен у животных всех опытных групп. При потреблении ПМ уменьшалось содержание транс-ЖК по сравнению с таковым в группе контроля и в группе животных, в рационе которых было рапсовое М. В то же время снижение уровня незаменимой α -линоленовой кислоты являлось негативным эффектом. Авторы исследования делают вывод о том, что ПМ использовать в ПП для замещения частично гидрированных Ж, одновременно восполняя жировой компонент рациона незаменимыми ЖК (Кирко, 2017). Бибик (2015) в обзоре установил, что добавление в пищевую рацион крыс ПМ в дозе 30 г/кг ежедневно на протяжении 6 недель негативно сказывается на липидном обмене и приводит к избытку массы тела животных всех возрастных групп, свойственному алиментарному ОЖ 2–3 степени. Согласно результатам Амелюшкина (2013) было установлено пальмитиновый вариант метаболизма субстратов энергии, обусловленный, наличием пальмитиновых ТАГ, с которыми биохимические и физико-химические реакции протекают афизиологично медленно, является не оптимальным для человека, что может стать причиной резистентности к И.

В обзоре научных исследований Медведева (2016) сделан вывод о том, что ПМ представляет собой полезное и питательное пищевое М и не представляет никакой опасности для человеческого здоровья. Однако, в обзоре Янковской (2016) о влиянии ПМ на риск развития ССЗ была подчеркнута необходимость проведения клинических исследований в белорусской популяции, а также важность разработки методов коррекции факторов риска при его употреблении в связи с тем, что данные по влиянию ПМ на развитие ССЗ достаточно противоречивы, на фоне его неуклонно возрастающего потребления в мире, и в Республике Беларусь, в частности.

Европейское агентство по безопасности пищевых продуктов оценило риски для здоровья населения связанные с глицидиловыми эфирами жирных кислот (ГЭЖК), а также 3-монохлорпропандиолом (3-МХПД) и 2-монохлорпропандиолом (2-МХПД) (EFSA, 2016). Эти вещества образуются при переработке пищевых продуктов, в частности при рафинировании растительных М при высоких температурах (около 200 °C). Самые высокие уровни ГЭЖК, а также 3-МХПД и 2-МХПД (включая

сложные эфиры) были обнаружены в ПМ и пальмовом Ж, за которыми следуют другие М и Ж. ГЭЖК — генотоксичны и канцерогенны. Группа экспертов пришла к выводу, что ГЭЖК и 3-МХПД и 2-МХПД представляет собой потенциальную угрозу здоровью для всех младших возрастных групп со средним уровнем содержания в продуктах, а также для потребителей с высоким уровнем содержания в пищевых продуктах во всех возрастных группах (Alexander, 2016).

ПМ используется в детских смесях для воссоздания профиля ЖК грудного молока и достижения аналогичного уровня ПК (Radial-Jaudenes, 2020). Однако положение ЖК в ТАГ различается между ПО и профилем ЖК грудного молока, что влияет на всасывание Ж и приводит к непредвиденным физиологическим последствиям. Клинические данные говорят о том, что ПО в детских смесях приводит к более низкому всасыванию Ж, пальмитата и Ca^{2+} , а также к меньшей минерализации костей; мягкому стулу и увеличению веса детей по сравнению со смесями без ПО. Следовательно, представляется целесообразным проявлять осмотрительность и осторожность при добавлении ПМ (олеина) в смеси для детского питания.

Научные данные свидетельствуют о том, что фактор риска ССЗ и повышение осведомленности потребителей о здоровом питании увеличивает требования к ПМ (Urigo, 2021; Степычева, 2018). Кроме того, для здорового питания потребители должны избегать трансизомеров ЖК, а также твердых и полутвердых М.

В настоящее время число исследований, в которых исследуются детерминанты, влияющие на принятие потребителями пищевых продуктов с ПМ или без него, растет, в то время как исследований, обобщающих эти данные и фокусирующихся на потенциальном компромиссе между этими двумя вариантами, а именно на продуктах, содержащих экологически чистые продукты, не так много (Savarese, 2022). Переменные, которые влияют на потребление ПМ, имеют психологическую природу и связаны с заботой о здоровье и окружающей среде, а также с уровнем знаний. В частности, знание конкретного пищевого продукта, по-видимому, является ключом к изменению поведения и приводит к позитивному рассмотрению ингредиентов, из которых он состоит, а также повышает приемлемость ПМ, если оно присутствует среди ингредиентов.

В техническом регламенте Таможенного союза ТР ТС 024/2011 на масложировую продукцию четко указано, какие существуют требования безопасности к заменителям молочного Ж, к которым также относятся и ПМ. С предложением о введении уголовной ответственности для компаний, которые используют заменители (в том числе ПМ) при производстве продуктов питания, 28 июня выступил председатель Госдумы Вячеслав Володин в ходе пленарного заседания¹. Его слова приведены на официальном сайте нижней палаты. Он объясняет такую инициативу тем, что такие добавки стоят дешево и приносят больше прибыли бизнесу, но при этом они наносят вред здоровью потребителя. В связи с этим следует в срочном порядке подготовить изменения в законодательство.

Литвяк (2016, 2018) выдвинул гипотезу, согласно которой любое живое тело (организм) — совокупность белков-ферментов, гормонов и других биологически активных веществ (воды, Ж, углеводов, витаминов и т.д.) предназначено для максимально возможного ускорения корпускулярного синтеза в результате обменных процессов (биотрансмутации химических элементов в активных центрах ферментов и гормонов). Причем все разнообразие химических реакций можно рассматривать как средство для классификации (разделения) различных типов электронов и протонов, а также для доставки их к месту трансмутации (активному центру белка-фермента или гормона).

В живых организмах существует много биологически активных веществ, главной целью которых является, прежде всего, линейная или циклическая транспортировка по системе химической связи к месту проведения трансмутации (активному центру белка-фермента или гормона или определенным участкам нуклеиновых кислот) различных типов электронов и различных типов протонов, участвующих в трансмутации (Литвяк, 2016; 2018). К таким биологически активным веществам можно отнести, главным образом, ТАГ, ЖК (предельные и непредельные), витамины (водо- и жирорастворимые). Подобные биологически активные вещества имеют особое строение, позволяющее осуществлять функцию транспортировки. Структура данных веществ может представлять из себя либо длинную молекулу, либо в своем составе содержать один или несколько

циклов. В структурах транспортных биологически активных веществ наблюдается большое разнообразие функциональных группировок, которые могут иметь или одинаковый или разный частичный электрический заряд. Кроме того, химическая связь может быть либо одинарная либо чередующиеся одинарная и двойная с сопрежением (Литвяк, 2016; 2018). Рассмотрение «живых» организмов как объектов осуществляющих биотрансмутацию химических элементов позволит принципиально по новому понять биохимию, обменные процессы, терапевтические подходы к лечению различных заболеваний, диетологию, нутрициологию, качество и безопасность продуктов питания и т.д.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ исследований пальмового масла (ПМ) в контексте его применения в пищевой промышленности позволил зафиксировать, что несмотря на высокое качество пальмового ядрового масла (ПЯМ) и его положительные свойства, для пищевой промышленности актуальным является использование рафинированных форм ПМ светлого цвета что предполагает его обязательную обработку химическими или физическими методами для удаления примесей и достижения высокой очистки. Дезодорированное ПМ, отличающееся низким содержанием примесей и хорошей отбеливающей способностью, считается продуктом высокого качества, ценным в пищевой промышленности. ПМ представляет собой комплексный жир, состоящий на 50% из насыщенных жирных кислот (ПК, СК), на 40% — из мононенасыщенных жирных кислот (ОК), и на 10% — из полиненасыщенных жирных кислот (ЛИК). В 2022 году ПМ составил значительную долю, а именно 36%, от общего объема всех масел, производимых в мире. Это объясняется его привлекательными потребительскими характеристиками, такими как текстура, аромат и нейтральный вкус, что приводит к геометрическому росту применения рафинированного ПМ в пищевой промышленности.

Результаты последних клинических и экспериментальных исследований свидетельствуют о возможных рисках, связанных с потреблением ПМ, таких как развитие инсулинорезистентности, метаболических нарушений, включая ожирение, ишемической болезни сердца, инсульта и различных онкологических заболеваний. Несмотря на реко-

¹ Ковалева Анастасия (2023) Володин предложил ввести уголовную ответственность за использование пальмового масла в пище. *Ведомости*, 28 июня, 18:39. <https://www.vedomosti.ru/society/articles/2023/06/28/982807-ugolovnyuyu-otvetstvennost-za-palmovogo-masla>

мендации ограничить потребление ПМ в продуктах, следует отметить, что данные исследований, проведенных в различных странах, часто противоречивы. Это свидетельствует о необходимости учета этногенетических особенностей и национальных традиций питания при оценке влияния ПМ на здоровье человека. Кроме того, российские и зарубежные ученые, опираясь на результаты клинических исследований, делают вывод о негативном воздействии ПМ как жирового компонента на обмен кальция (Ca^{2+}) в кишечнике грудных детей. В связи с этим, целесообразно ограничить использование ПМ в качестве компонента заменителей грудного молока в детских смесях и рассмотреть альтернативные компоненты, включая смеси с β -пальмитатом или молочный жир.

Собранные данные в данном обзоре предоставляют научно обоснованный подход к возможному разнообразному использованию фракций ПМ в пищевой промышленности, включая применение пальмового олеина для жарки и при производстве разнообразных продуктов, а также рассмотрение пальмового стеарина как составной части кондитерских жиров и при производстве хлебобулочных изделий, конфет, тортов, сыра, чипсов, шоколада, печенья, крекеров, пончиков, замороженных блюд, лапши быстрого приготовления, попкорна, заправок для салатов, закусок и супов.

АВТОРСКИЙ ВКЛАД

Шилов Валерий Викентьевич — формулирование исследовательских целей и задач; разработка и проектирование методологии исследования (создание модели исследования); сбор данных; отслеживание воспроизводимости результатов; подготовка и создание черновика рукописи (написание первоначального текста рукописи); подготовка и создание рукописи, её комментирование или пересмотр, включая этапы до или после публикации рукописи; визуализация и представление данных; надзор и руководство за планированием и выполнением исследовательской деятельности; ответственность за управление и координацию планирования и осуществления научно-исследовательской деятельности.

Литвяк Владимир Владимирович — формулирование исследовательских целей и задач; разработка и проектирование методологии исследования (создание модели исследования); сбор данных; отслеживание воспроизводимости результатов; подготовка и создание черновика рукописи (написание первоначального текста рукописи); подготовка и создание рукописи, её комментирование или пересмотр, включая этапы до или после публикации рукописи; визуализация и представление данных.

Росляков Юрий Федорович — сбор данных; подготовка и создание черновика рукописи (написание первоначального текста рукописи); подготовка и создание рукописи, её комментирование или пересмотр, включая этапы до или после публикации рукописи; визуализация и представление данных.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Амелюшкина, В. А., Рожкова, Т. А., & Титов, В. Н. (2013). Пальмитиновый и олеиновый варианты метаболизма жирных кислот. Экзогенный синдром резистентности к инсулину при нарушении биологической функции питания. *Клиническая лабораторная диагностика*, 7, 21–28.
- Amelyushkin, V. A., Rozhkova, T. A., & Titov, V. N. (2013). Palmitic and oleic variants of fatty acid metabolism. Exogenous syndrome of insulin resistance in violation of the biological function of nutrition (trophology). *Clinical Laboratory Diagnostics*, 7, 21–28. (in Russ.)
- Бибик, Е. Ю., & Гайворовская, Ю. В. (2015). Влияние избыточного потребления пальмового масла на органомерические показатели тимуса в различные периоды онтогенеза. *Educatio*, 9(16), 48–52.
- Bibik, E. Yu., & Gayvorovskaya, Yu. V. (2015). Influence of excessive consumption of palm oil on the organometric parameters of the thymus in different periods of ontogeny. *Educatio*, 9(16), 48–52. (in Russ.)
- Верткин, А. Л., & Прохорович, Е. А. (2013). Пальмовое масло в составе заменителей грудного молока. Обзор клинических исследований. *Медицинский совет*, 8, 111–113. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2013-8-110-113>
- Vertkin, A. L., & Prokhorovich, E. A. (2013). Palm oil in breast milk substitutes. Review of clinical studies. *Medical Council*, 8, 111–113. (in Russ.) <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2013-8-110-113>
- Кирко, С. Р., Гуринович, В. А., Лукиенко, Е. П., Мойсеенок, А. Г., & Буко, В. У. (2017). Сравнительная характеристика жирнокислотного состава печени крыс при включении в рацион рапсового и пальмового масел. Известия НАН Беларуси. *Серия медицинских наук*, 1, 29–37.

- Kirko, S. R., Gurinovich, V. A., Lukienko, E. P., Moiseenok, A. G., & Buko, V. U. (2017). Comparative characteristics of the fatty acid composition of rat liver when rapeseed and palm oils are included in the diet. *Izvestia of the National Academy of Sciences of Belarus. Series Medical Sciences*, 1, 29–37. (in Russ.)
- Литвяк, В. С., & Литвяк, В. В. (2015). *Строение материи: волновая и корпускулярная теории*. Минск: ИВЦ Минфина.
- Litvyak, V. S., & Litvyak, V. V. (2015). The structure of matter: Wave and corpuscular theories. Minsk: Information Computing Center of the Ministry of Finance. (in Russ.)
- Литвяк, В. С., & Литвяк, В. В. (2018). Волновое и корпускулярное строение материи-антиматерии: роль и значение пустоты в структуре (в 2-х ч.). Минск: ИВЦ Минфина.
- Litvyak, V. S., & Litvyak, V. V. (2018). Wave and corpuscular structure of matter-antimatter: the role and significance of emptiness in the structure (in 2 parts). Minsk: Information Computing Center of the Ministry of Finance. (in Russ.)
- Медведев, О. С., & Медведева, Н. А. (2016). Современные представления о возможном влиянии пальмового масла на здоровье человека. *Вопросы питания*, 85(1), 5–18.
- Medvedev, O. S., & Medvedeva, N. A. (2016). Modern ideas about the possible impact of palm oil on human health. *Food Issues*, 85(1), 5–18. (in Russ.)
- Санникова, Н. Е., Стенникова, О. В., Бородулина, Т. В., & Левчук, Л. В. (2013). Жировой компонент адаптированных детских молочных смесей: Современное состояние и история вопроса. *Русский медицинский журнал*, 2, 115.
- Sannikova, N. E., Stennikova, O. V., Borodulina, T. V., & Levchuk, L. V. (2013). The fat component of adapted infant milk formulas: current state and history of the issue. *Russian Medical Journal*, 2, 115. (in Russ.)
- Сокольский, И. (2015). Правда о пальмовом масле. *Наука и жизнь*, 4, 102–105.
- Sokolsky, I. (2015). The truth about palm oil. *Nauka and Life*, 4, 102–105. (in Russ.)
- Степычева, Н. В., Васина, Н. А., & Куликова, А. А. (2018). Оценка влияния пальмового масла на развитие атеросклероза и атероматоза. *Современные научные исследования и инновации*, (1).
- Stepycheva, N. V., Vasina, N. A., Kulikova, A. A. (2018). Evaluation of the influence of palm oil on the development of atherosclerosis and atheromatosis. *Modern Scientific Research and Innovation*, (1). (in Russ.)
- Янковская, Л. В., Кежун, Л. П., Слободская, Н. С., Белоус, Ю. И., Моргунова, Е. М. (2016). Влияние пальмового масла на риск развития сердечно-сосудистых заболеваний. *Журнал Гродненского государственного медицинского университета*, 4, 6–11.
- Yankovskaya, L. V., Kezhun, L. P., Slobodskaya, N. S., Belous, Yu. I., Morgunova, E. M. (2016). Influence of palm oil on the risk of developing cardiovascular diseases. *Journal of Grodno State Medical University*, 4, 6–11. (in Russ.)
- Ajuwon, K. M., & Spurlock, M. E. (2005). β activates the NF- κ B transcription factor and induces IL-6 and TNF- α expression in 3T3-L1 adipocytes. *Journal of Nutrition*, 135, 1841–1846. <https://doi.org/10.1093/jn/135.8.1841>
- Alarcon, P. A., Tressler, R. L., Mulvaney, A., Lam, W., & Comer, G. M. (2002). Gastrointestinal tolerance of a new infant milk formula in healthy babies: an international study conducted in 17 countries. *Nutrition*, 18(6), 484–489. [https://doi.org/10.1016/s0899-9007\(02\)00752-9](https://doi.org/10.1016/s0899-9007(02)00752-9)
- Alexander J., Barregard L., Bignami M., Ceccatelli S., Cottrill B., Dinovi M., Edler L., Grasl-Kraupp B., Hogstrand C., Hoogenboom L., Knutsen H. K., Nebbia C. S., Oswald I., Petersen A., Rogiers V. M., Rose M., Roudot A.-C., Schwerdtle T., Vleminckx C., Vollmer G., Wallace H. (2016). Risks for human health related to the presence of 3- and 2-monochloropropanediol (MCPD), and their fatty acid esters, and glycidyl fatty acid esters in food. *European Food Safety Authority*, 14(5), 4426. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4426>
- Aranceta, J., & Perez-Rodrigo, C. (2012). Recommended dietary reference intakes, nutritional goals and dietary guidelines for fat and fatty acids: A systematic review. *British Journal of Nutrition*, 107, 8–22. <https://doi.org/10.1017/S0007114512001444>
- Ariyama, H., Kono, N., Matsuda, S. T., & Inoue, H. (2010). Decrease in membrane phospholipid unsaturation induces unfolded protein response. *Journal of Biological Chemistry*, 285, 22027–22035. <https://doi.org/10.1074/jbc.M110.126870>
- Assmann, G., Buono, P., Daniele, A., Valle, E. D., Farinaro, E., Ferns, G., Krogh, V., Kromhout, D., Masana, L., Merino, J., Misciagna, G., Panico, S., Riccardi, G., Rivellese, A. A., Rozza, F., Salvatore, F., Salvatore, V., Stranges, S., Trevisan, M., Trimarco, B., & Vetrani, C. (2014). Functional foods and cardiometabolic diseases / International Task Force for Prevention of Cardiometabolic Diseases. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases*, 24, 1272–1300. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2014.10.010>
- Barker, D. J. (2004). The developmental origins of adult disease. *Journal of the American College of Nutrition*, 23, 588–595. <https://doi.org/10.1080/07315724.2004.10719428>
- Berger, N. A. (2014) Obesity and cancer pathogenesis. *Annals New York Academy of Sciences*, 1311, 57–76. <https://doi.org/10.1111/nyas.12416>
- Bartsch, H., Nair, J., & Owen, R. W. (1999). Dietary polyunsaturated fatty acids and cancers of the breast and colorectum: Emerging evidence for their role as risk modifiers. *Carcinogenesis*, 20, 2209–2218. <https://doi.org/10.1093/carcin/20.12.2209>
- Bester, D., Esterhuysen, A., Truter, E. J., & van Rooyen, J. (2010). Cardiovascular effects of edible oils: A comparison between

- four popular edible oils. *Nutrition Research Reviews*, 23, 334–348. <https://doi.org/10.1017/S0954422410000223>
- Bongers, M. E., de Lorijn, F., Reitsma, J. B., Groeneweg, M., Taminiau, J. A. J. M., & Benninga, M. A. (2007). The clinical effect of a new infant formula in term infants with constipation: A double-blind, randomized cross-over trial. *Nutrition Journal*, 11, 6–8. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-6-8>
- Bradley, R. L., Fisher, F. F., & Maratos-Flier, E. (2008). Dietary fatty acids differentially regulate production of TNF- α and IL-10 by murine 3T3-L1 adipocytes. *Obesity*, 16, 938–944. <https://doi.org/10.1038/oby.2008.39>
- Bosworth, A. W., Bowditch, H. I., & Giblin, L. A. (1918). Studies of infant feeding. X: The digestion and absorption of fats. I. Calcium in its relation to the absorption of fatty acids. *Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine*, 15(6), 397–407. <https://doi.org/10.1001/ARCHPEDI.1918.04110240026002>
- Brouwer, I. A., Katan, M. B., & Zock, P. L. (2004). Dietary α -linolenic acids associated with reduced risk of fatal coronary heart disease, but increased prostate cancer risk: A meta-analysis. *Nutrition Journal*, 134, 919–922. <https://doi.org/10.1093/jn/134.4.919>
- Byrne, M. E., O'Mahony, J. A., & O'Callaghan, T. F. (2021). Compositional and functional considerations for bovine-, caprine- and plant-based infant formulas. *Dairy*, 2(4), 695–715. <https://doi.org/10.3390/dairy2040054>
- Calder, P. C. (1999). Dietary fatty acids and the immune system. *Lipids*, 34, 137–140. <https://doi.org/10.1007/BF02562264>
- Cani, P. D., Amar, J., Iglesias, M. A., Poggi, M., Knauf, C., Bastelica, D., Neyrinck, A. M., Fava, F., Tuohy, K. M., Chabo, C., Waget, A., Delmée, E., Cousin, B., Sulpice, T., Chamontin, B., Ferrières, J., Tanti, J.-F., Gibson, G. R., Casteilla, L., Delzenne, N. M., Alessi, M. C., & Burcelin, R. (2007). Metabolic endotoxemia initiates obesity and insulin resistance. *Diabetes*, 56, 1761–1772. <https://doi.org/10.2337/db06-1491>
- Cani, P. D., Bibiloni, R., Knauf, C., Waget, A., Neyrinck, A. M., Delzenne, N. M., & Burcelin, R. (2008). Changes in gut microbiota control metabolic endotoxemia-induced inflammation in high-fat diet-induced obesity and diabetes in mice. *Diabetes*, 57, 1470–1481. <https://doi.org/10.2337/db07-1403>
- Carnielli, V. P., Luijendijk, I. H., Van Goudoever, J. B., Sulkers, E. J., Boerlage, A. A., Degenhart, H. J., & Sauer, P. J. (1995). Feeding premature newborn infants palmitic acid in amounts and stereoisomeric position similar to that of human milk: Effects on fat and mineral balance. *American Journal of Clinical Nutrition*, 61(5), 1037–1042. <https://doi.org/10.1093/ajcn/61.4.1037>
- Carnielli, V. P., Luijendijk, I. H., Van Goudoever, J. B., Sulkers, E. J., Boerlage, A. A., Degenhart, H. J., & Sauer, P. J. (1996). Structural position and amount of palmitic acid in infant formulas: Effects on fat, fatty acid, and mineral balance. *Journal of Pediatric Gastroenterology & Nutrition*, 23(5), 553–560. <https://doi.org/10.1097/00005176-199612000-00007>
- Chen, B. K., Seligman, B., Farquhar, J. W., & Goldhaber-Fiebert, J. D. (2011). Multi-Country analysis of palm oil consumption and cardiovascular disease mortality for countries at different stages of economic development: 1980–1997. *Globalization and Health*, 7, 45–54. <https://doi.org/10.1186/1744-8603-7-45>
- Cheng, L., Yu Y., Szabo, A., Wu, Y., Wang, H., Camer, D., & Huang, X.-F. (2015). Palmitic acid induces central leptin resistance and impairs hepatic glucose and lipid metabolism in male mice. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 26, 541–548. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2014.12.011>
- Clandinin, M. T., Cook, S. L., Konrad, S. D., & French, M. A. (2000). The effect of palmitic acid on lipoprotein cholesterol levels. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 51, 61–S71.
- Clandinin, M. T., Cook, S. L., Konrad, S. D., Goh, Y. K., & French, M. A. (1999). The effect of palmitic acid on lipoprotein cholesterol levels and endogenous cholesterol synthesis in hyperlipidemic subjects. *Lipids*, 34, 121–124. <https://doi.org/10.1007/BF02562257>
- Clarke, R., Frost, C., Collins, R., Appleby, P., Peto, R. (1997). Dietary lipids and blood cholesterol: Quantitative meta-analysis of metabolic ward studies. *BMJ*, 314, 112–117. <https://doi.org/10.1136/bmj.314.7074.112>
- Crowe, F. L., Allen, N. E., Appleby, P. N., Overvad, K., Aardestrup, I. V., Johnsen, N. F., Tjønneland, A., Linseisen, J., Kaaks, R., Boeing, H., Kröger, J., Trichopoulou, A., Zavitsanou, A., Trichopoulos, D., Sacerdote, C., Palli, D., Tumino, R., Agnoli, C., Kiemeny, L. A., Bueno-de-Mesquita, H. B., Chirlaque, María-Dolores, Ardanaz, E., Larrañaga, N., Quirós, J. R., Sánchez, María-José, González, C. A., Stattin, P., Hallmans, G., Bingham, S., Khaw, Kay-Tee, Rinaldi, S., Slimani, N., Jenab, M., Riboli, E., & Key, T. J. (2008). Fatty acid composition of plasma phospholipids and risk of prostate cancer in a case-control analysis nested within the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition. *American Journal of Clinical Nutrition*, 88, 1353–1363. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2008.26369>
- Čmolík, J., Pokorný, J. (2000). Physical refining of edible oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102, 472–486. [https://doi.org/10.1002/1438-9312\(200008\)102:7<472::AID-EJLT472>3.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/1438-9312(200008)102:7<472::AID-EJLT472>3.0.CO;2-Z)
- Daniele, A., Cammarata, R., Pasanisi, F., Finelli, C., Salvatori, G., Calcagno, G., Bracale, R., Labruna, G., Nardelli, C., Buono, P., Sacchetti, L., Contaldo, F., & Oriani, G. (2008). Molecular analysis of the adiponectin gene in severely obese patients

- from southern Italy. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 53, 155–161. <https://doi.org/10.1159/000172976>
- De Rosa, A., Monaco, M. L., Capasso, M., Forestieri, P., Pilone, V., Nardelli, C., Buono, P., & Daniele, A. (2013). Adiponectin oligomers as potential indicators of adipose tissue improvement in obese subjects. *European Journal of Endocrinology*, 169, 37–43. <https://doi.org/10.1530/EJE-12-1039>
- De Wit, N., Derrien, M., Bosch-Vermeulen, H., Oosterink, E., Keshtkar, S., Duval, C., Van den Bosch, J. V., Kleerebezem, M., Müller, M., & Van der Meer, R. (2012). Saturated fat stimulates obesity and hepatic steatosis and affects gut microbiota composition by an enhanced overflow of dietary fat to the distal intestine. *American Journal of Physiology. Gastrointestinal and Liver Physiology*, 303, 589–599. <https://doi.org/10.1152/ajpgi.00488.2011>
- Diakogiannaki, E., Welters, H. J., & Morgan, N. G. (2008). Differential regulation of the endoplasmic reticulum stress response in pancreatic beta-cells exposed to long-chain saturated and monounsaturated fatty acids. *Journal of Endocrinology*, 197, 553–563. <https://doi.org/10.1677/JOE-08-0041>
- Dixon, J. B. (2010). The effect of obesity on health outcomes. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 316, 104–108. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2009.07.008>
- Dunford, N. T. (2012). Advancements in oil and oilseed processing. In *Food and Industrial Bioproducts and Bioprocessing* (pp. 115–143). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/9781119946083.ch4>
- Edem, D. O. (2002). Palm Oil: Biochemical, physiological, nutritional, hematological, and toxicological aspects: A review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 57, 319–341. <https://doi.org/10.1023/a:1021828132707>
- Escrich, E., Solanas, M., Moral, R., Costa, I., & Grau, L. (2006). Are the olive oil and other dietary lipids related to cancer? Experimental evidence. *Clinical and Translational Oncology*, 8, 868–883. <https://doi.org/10.1007/s12094-006-0150-5>
- Escrich, E., Solanas, M., Moral, R., & Escrich, R. (2011). Modulatory effects and molecular mechanisms of olive oil and other dietary lipids in breast cancer. *Current Pharmaceutical Design*, 17, 813–830. <https://doi.org/10.2174/138161211795428902>
- Exley, M.A., Hand, L., O'Shea, D., & Lynch, L. (2014). Interplay between the immune system and adipose tissue in obesity. *Journal of Endocrinology*, 223, 41–48. <https://doi.org/10.1530/JOE-13-0516>
- Fattore, E., Bosetti, C., Brighenti, F., Agostoni, C., & Fattore, G. (2014). Palm oil and blood lipid-related markers of cardiovascular disease: A systematic review and meta-analysis of dietary intervention trials. *American Journal of Clinical Nutrition*, 99, 1331–1350. <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.081190>
- Fattore, E., & Fanelli, R. (2013). Palm oil and palmitic acid: A review on cardiovascular effects and carcinogenicity. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 64, 648–659. <https://doi.org/10.3109/09637486.2013.768213>
- Favé, G., Coste, T. C., & Armand, M. (2004). Physicochemical properties of lipids: New strategies to manage fatty acid bioavailability. *Molecular and Cellular Biology*, 50, 815–831.
- Fomon, S. J. (1975). What are infants fed in the United States? *Pediatrics*, 56, 3, 350–354.
- Forouhi, N. G., Koulman, A., Sharp, S. J., Imamura, F., Kröger, J., Schulze, M. B., Crowe, F. L., Huerta, J. M., Guevara, M., Beulens, J. W. J., Van Woudenberg, G. J., Wang, L., Summerhill, K., Griffin, J. L., Feskens, E. J. M., Amiano, P., Boeing, H., Clavel-Chapelon, F., Dartois, L., Fagherazzi, G., Franks, P. W., Gonzalez, C., Jakobsen, M. U., Kaaks, R., Key, T. J., Khaw, K. T., Kühn, T., Mattiello, A., Nilsson, P. M., Overvad, K., Pala, V., Palli, D., Quirós, J. R., Rolandsson, O., Roswall, N., Sacerdote, C., Sánchez, M. J., Slimani, N., Spijkerman, A. M. W., Tjonneland, A., Tormo, M. J., Tumino, R., Van der, A. D. L., Van der Schouw, Y. T., Langenberg, C., Riboli, E., & Wareham, N. J. (2014). Differences in the prospective association between individual plasma phospholipid saturated fatty acids and incident type 2 diabetes: The EPIC-InterAct case-cohort study. *Lancet Diabetes & Endocrinology*, 2, 810–818. [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(14\)70146-9](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(14)70146-9)
- Franchi, L., Eigenbrod, T., Munoz-Planillo, R., & Nunez, G. (2009). The inflammasome: A caspase-1-activation platform that regulates immune responses and disease pathogenesis. *Nature Immunology*, 10, 241–247. <https://doi.org/10.1038/ni.1703>
- Gallagher, E. J., & LeRoith, D. (2015). Obesity and diabetes: the increased risk of cancer and cancer-related mortality. *Physiological Reviews*, 95, 727–748. <https://doi.org/10.1152/physrev.00030.2014>
- Gee, P. T. (2007). Analytical characteristics of crude and refined palm oil and fractions. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109, 373–379. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200600264>
- Ge, G., Wu, J., & Lin, Q. (2001). Effect of membrane fluidity on tyrosine kinase activity of reconstituted epidermal growth factor receptor. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 282, 511–514. <https://doi.org/10.1006/bbrc.2001.4600>
- Ghoshal, S., Witta, J., Zhong, J., De Villiers, W., & Eckhardt, E. (2009). Chylomicrons promote intestinal absorption of lipopolysaccharides. *Journal of Lipid Research*, 50, 90–97. <https://doi.org/10.1194/jlr.M800156-JLR200>
- Gunstone, F. D. (2011). Vegetable oils in food technology: Composition, properties and uses (2nd ed., pp. 25–153). Blackwell Publishing Ltd.

- Hardy, S., Langelier, Y., & Prentki, M. (2000). Oleate activates phosphatidylinositol 3-kinase and promotes proliferation and reduces apoptosis of MDA-MB-231 breast cancer cells, whereas palmitate has opposite effects. *Cancer Research*, 60, 6353–6358.
- Henson, I. E. (2012). A brief history of the palm oil. In *Palm oil: Production, processing, characterization and uses*. AOCS Press.
- Hodge, A. M., Williamson, E. J., Bassett, J. K., MacInnis, R. J., Giles, G. G., & English, D. R. (2015). Dietary and biomarker estimates of fatty acids and risk of colorectal cancer. *International Journal of Cancer*. <https://doi.org/10.1002/ijc.29479>
- Holt, E.L.L., Courtney, A.M., & Fales, H.L. (1920). Calcium metabolism of infants and young children and the relation of calcium to fat excretion in the stools. *Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine*, 19(3), 201–222.
- Holt, E. L. L., Courtney, A. M., & Fales, H. L. (1918). Is the amount of calcium usually given in dilutions of cow's milk injurious to infants?: A reply to the article on «Calcium in its Relation to the Absorption of Fatty Acids», by Bosworth, Bowditch and Giblin. *American Journal of Diseases of Children; Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine*, 16(1), 52–56.
- Holt, Jr. M. D. L. E., Tidwell, Ph. D. H. C., Kirk, M. D. C. M., Cross, D. M., & Neale, S. (1935). Studies in fat metabolism: I. Fat absorption in normal infants. *Journal of Pediatrics*, 6(4), 427–480. [https://doi.org/10.1016/S0022-3476\(35\)80034-6](https://doi.org/10.1016/S0022-3476(35)80034-6)
- Ishii, M., Maeda, A., Tani, S., & Akagawa, M. (2015). Palmitate induces insulin resistance in human HepG2 hepatocytes by enhancing ubiquitination and proteasomal degradation of key insulin signaling molecules. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 566, 26–35. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2014.12.009>
- Jackson, M. D., Walker, S. P., Simpson-Smith, C. M., Lindsay, C. M., Smith, G., McFarlane-Anderson, N., Bennett, F. I., Coard, K. C. M., Aiken, W. D., Tulloch, T., Paul, T. J., & Wan, R. L. (2012). Associations of whole-blood fatty acids and dietary intakes with prostate cancer in Jamaica. *Cancer Causes & Control*, 23, 23–33. <https://doi.org/10.1007/s10552-011-9850-4>
- Jager, J., Gremaux, T., Cormont, M., Marchand-Brustel, Y. L., & Tanti, J.-F. (2007). Interleukin-1 β -induced insulin resistance in adipocytes through down-regulation of insulin receptor substrate-1 expression. *Endocrinology*, 148, 241–251. <https://doi.org/10.1210/en.2006-0692>
- Jensen, R. G. (1996). The lipids in human milk. *Progress in Lipid Research*, 35, 53–92. [https://doi.org/10.1016/0163-7827\(95\)00010-0](https://doi.org/10.1016/0163-7827(95)00010-0)
- Jiao, P., Ma, J., Feng, B., Zhang, H., Diehl, J. A., Chin, Y. E., Yan, W., & Xu, H. (2011). FFA-induced adipocyte inflammation and insulin resistance: Involvement of ER stress and IKK β pathways. *Obesity*, 19, 483–491. <https://doi.org/10.1038/oby.2010.200>
- Karupaiah, T., & Sundram, K. (2007). Effects of stereospecific positioning of fatty acids in triacylglycerol structures in native and randomized fats: A review of their nutritional implications. *Nutrition & Metabolism*, 4, 16–32. <https://doi.org/10.1186/1743-7075-4-16>
- Kennedy, K., Fewtrell, M. S., Morley, R., Abbott, R., Quinlan, P. T., Wells, J. C., Bindels, J. G., & Lucas, A. (1999). Double-blind, randomized trial of a synthetic triacylglycerol in formula-fed term infants: effects on stool biochemistry, stool characteristics, and bone mineralization. *American Journal of Clinical Nutrition*, 70(5), 920–927. <https://doi.org/10.1093/ajcn/70.5.920>
- Keys, A., Menotti, A., Aravanis, C., Blackburn, H., Djordjevic, B. S., Buzina, R., Dontas, A. S., Fidanza, F., Karvonen, M. J., & Kimura, N. (1984). The seven countries study: 2289 deaths in 15 years. *Preventive Medicine*, 13, 141–154. [https://doi.org/10.1016/0091-7435\(84\)90047-1](https://doi.org/10.1016/0091-7435(84)90047-1)
- Keys, A., Menotti, A., Karvonen, M. J., Aravanis, C., Blackburn, H., Buzina, R., Djordjevic, B. S., Dontas, A. S., Fidanza, F., & Keys, M. H. (1986). The diet and 15-year death rate in the seven countries study. *American Journal of Epidemiology*, 124, 903–915. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a114480>
- Kharroubi, A. T., & Darwish, H. M. (2015). Diabetes mellitus: The epidemic of the century. *World Journal of Diabetes*, 6, 850–867. <https://doi.org/10.4239/wjd.v6.i6.850>
- Kochikuzhyil, B. M., Devi, K., & Fattepur, S. R. (2010). Effect of saturated fatty acid-rich dietary vegetable oils on lipid profile, antioxidant enzymes and glucose tolerance in diabetic rats. *Indian Journal of Pharmacology*, 42, 142–145. <https://doi.org/10.4103/0253-7613.66835>
- Koletzko, B., Baker, S., Cleghorn, G., Neto, U. F., Gopalan, S., Hernell, O., Hock, Q. S., Jirapinyo, P., Lonnerdal, B., Pencharz, P., Pzyrembel, H., Ramirez-Mayans, J., Shamir, R., Turck, D., Yamashiro, Y., & Zong-Yi, D. (2005). Global standard for the composition of infant formula: Recommendations of an ESPGHAN coordinated international expert group. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 41(5), 584–599. <https://doi.org/10.1097/01.mpg.0000187817.38836.42>
- Kolonel, L. N., Nomura, A. M., & Cooney, R. V. (1999). Dietary fat and prostate cancer: Current status. *Journal of the National Cancer Institute*, 91, 414–428. <https://doi.org/10.1093/jnci/91.5.414>
- Koo, W. W., Hammami, M., Margeson, D. P., Nwaesei, C., Montalto, M. B., & Lasekan, J. B. (2003). Reduced bone mineralization in infants fed palm olein-containing formula: A randomized, double-blinded, prospective trial. *Pediatrics*, 111(5), 1017–1023. <https://doi.org/10.1542/peds.111.5.1017>

- Koo, W. W. K., Hockman, E. M., & Dow, M. (2006). Palm olein in the fat blend of infant formulas: Effect on the intestinal absorption of calcium and fat, and bone mineralization. *Journal of the American College of Nutrition*, 2, 117–122. <https://doi.org/10.1080/07315724.2006.10719521>
- Kopelman, P. G. (2000). Obesity as a medical problem. *Nature*, 404, 635–643. <https://doi.org/10.1038/35007508>
- Kritchevsky, D., & Sundram K. (2002). Palm oil in human nutrition: Recent advances. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 11(7), 393. <https://doi.org/10.1046/j.1440-6047.2001.00401.x>
- Kritchevsky, D., Tepper, S. A., Chen, S. C., Meijer, G. W., & Krauss, R. M. (2000). Cholesterol vehicle in experimental atherosclerosis. Effects of specific synthetic triglycerides. *Lipids*, 35, 621–625. <https://doi.org/10.1007/s11745-000-0565-3>
- Kritchevsky, D., Tepper, S. A., Czarnecki, S. K., & Sundram, K. (2002). Red palm oil in experimental atherosclerosis. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 11, 433–437. <https://doi.org/10.1046/j.1440-6047.11.s.7.5.x>
- Kritchevsky, D., Tepper, S. A., & Kuksis, A. (1998). Cholesterol vehicle in experimental atherosclerosis. Native and randomized lard and tallow. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 9, 582–585.
- Kritchevsky, D., Tepper, S. A., & Wright, S. (1998). Cholesterol vehicle in experimental atherosclerosis. Cottonseed oil and randomized cottonseed oil. *Nutrition Reviews*, 18, 259–264.
- Kromhout, D., Keys, A., Aravanis, C., Buzina, R., Fidanza, F., Giampaoli, S., Jansen, A., Menotti, A., Nedeljkovic, S., & Pekkarinen M. (1989). Food consumption patterns in the 1960s in seven countries. *American Journal of Clinical Nutrition*, 49, 889–894. <https://doi.org/10.1093/ajcn/49.5.889>
- Kromhout, D., Menotti, A., Bloemberg, B., Aravanis, C., Blackburn, H., Buzina, R., Dontas, A. S., Fidanza, F., Giampaoli, S., & Jansen, A. (1995). Dietary saturated and trans fatty acids and cholesterol and 25-year mortality from coronary heart disease: The seven countries study. *Preventive Medicine*, 24, 308–315. <https://doi.org/10.1006/pmed.1995.1049>
- Kronenberg, F., Kronenberg, M. F., Kiechl, S., Trenkwalder, E., Santer, P., Oberhollenzer, F., Egger, G., Utermann, G., & Willeit, J. (1999). Role of lipoprotein(a) and apolipoprotein(a) phenotype in atherogenesis: Prospective results from the Bruneck study. *Circulation*, 100, 1154–1160. <https://doi.org/10.1161/01.cir.100.11.1154>
- Kurahashi, N., Inoue, M., Iwasaki, M., Sasazuki, S., & Tsugane, A. S. (2008). Dairy product, saturated fatty acid, and calcium intake and prostate cancer in a prospective cohort of Japanese men. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, 17, 930–937. <https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-07-2681>
- Kuriki, K., Wakai, K., Hirose, K., Matsuo, K., Ito, H., Suzuki, T., Saito, T., Kanemitsu, Y., Hirai, T., Kato, T., Tatematsu, M., & Tajima, K. (2006). Risk of colorectal cancer is linked to erythrocyte compositions of fatty acids as biomarkers for dietary intakes of fish, fat, and fatty acids. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, 15, 1791–1798. <https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-06-0180>
- Laugerette, F., Furet, J. P., Debar, C., Daira, P., Loizon, E., Gélöën, A., Soulage, C. O., Simonet, C., Lefils-Lacourtablaise, J., Bernoud-Hubac, N., Bodennec, J., Peretti, N., Vidal, H., & Michalski, M.-C. (2012). Oil composition of high-fat diet affects metabolic inflammation differently in connection with endotoxin receptors in mice. *American Journal of Physiology — Endocrinology and Metabolism*, 302, 374–386. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00314.2011>
- Laugerette, F., Vors, C., Geloën, A., Chauvin, M.-A., Soulage, C., Lambert-Porcheron, S., Peretti, N., Alligier, M., Burcelin, R., Laville, M., Vidal, H., & Michalski, M.-C. (2011). Emulsified lipids increase endotoxemia: Possible role in early postprandial low-grade inflammation. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 22, 53–59. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2009.11.011>
- Ley, R. E., Bäckhed, F., Turnbaugh, P., Lozupone, C. A., Knight, R. D., & Gordon, J. I. (2005). Obesity alters gut microbial ecology. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102, 11070–11075. <https://doi.org/10.1073/pnas.0504978102>
- Litmanovitz, I., Davidson, K., & Eliakim, A. (2011). The effects of infant formula beta-palmitate structural position on bone speed of sound, anthropometrics and infantile colic: A double-blind, randomized control trial. ESPGHAN Annual Meeting, May 25–28, 2011, Sorrento, Italy. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 52(1), 215.
- Lof, M., Sandin, S., Laggiou, P., Hilakivi-Clarke, L., Trichopoulos, D., Adami, H.-O., & Weiderpass, E. (2007). Dietary fat and breast cancer risk in the Swedish women's lifestyle and health cohort. *British Journal of Cancer*, 97, 1570–1576. <https://doi.org/10.1038/sj.bjc.6604033>
- López-López, A., Castellote-Bargalló, A. I., Campoy-Folgoso, C., Rivero-Urgel, M., Tormo-Carnicé, R., Infante-Pina, D., & López-Sabater, M. C. (2001). The influence of dietary palmitic acid triacylglyceride position on the fatty acid, calcium and magnesium contents of at term newborn faeces. *Early Human Development*, 65, 83–94. [https://doi.org/10.1016/s0378-3782\(01\)00210-9](https://doi.org/10.1016/s0378-3782(01)00210-9)
- Lucas, A., Quinlan, P., Abrams, S., Ryan, S., Meah, S., & Lucas, P. J. (1997). Randomised controlled trial of a synthetic triglyceride milk formula for preterm infants. *Archives of Disease in Childhood — Fetal and Neonatal Edition*, 77(3), 178–84. <https://doi.org/10.1136/fn.77.3.f178>
- Magri, T. P., Fernandes, F. S., Souza, A. S., Langhi, L. G. P., Barboza, T., Misan, V., Mucci, D. B., Santos, R. M., Nunes, T. F.,

- Souza, S.A.L., Coelho, V.M., & Do Carmo, M.G.T. (2015). Interestified fat or palmoil as substitutes for partially hydrogenated fat in maternal diet can predispose obesity in adult male offspring. *Clinical Nutrition*, 24, 904–910. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2014.09.014>
- Marzuki, A., Arshad, F., Razak, T. A., & Jaarin, K. (1991). Influence of dietary fat on plasma lipid profiles of Malaysian adolescents. *American Journal of Clinical Nutrition*, 53(4), 1010–1014. <https://doi.org/10.1093/ajcn/53.4.1010>
- Matsuoka, T., Adair, J. E., Lih, F. B., His, L. C., Rubino, M., Eling, T. E., Tomer, K. B., Yashiro, M., Hirakawa, K., Olden, K., & Roberts, J. D. (2010). Elevated dietary linoleic acid increases gastric carcinoma cell invasion and metastasis in mice. *British Journal of Cancer*, 103, 1182–1191. <https://doi.org/10.1038/sj.bjc.6605881>
- May, C. Y., & Nesaretnam, K. (2014). Research advancements in palm oil nutrition. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116, 1301–1315. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201400076>
- Mazzocchi, A., De Cosmi, V., & Milani, G. P. (2022). Agostoni health and sustainable nutritional choices from childhood: Dietary pattern and social models. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 78(2), 21–27. <https://doi.org/10.1159/000524860>
- Mba, O. I., Dumont, M. J., & Ngadi, M. (2015). Palm Oil: Processing, characterization and utilization in the food industry — A review. *Food Bioscience*, 10, 26–41. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2015.01.003>
- Mehrotra, V., Sehgal, S. K., & Bangale, N. R. (2019). Fat structure and composition in human milk and infant formulas: Implications in infant health. *Clinical Epidemiology and Global Health*, 7(2), 153–159 <https://doi.org/10.1016/j.cegh.2018.03.005>
- Menotti, A., Keys, A., Aravanis, C., Blackburn, H., Dontas, A., Fidanza, F., Karvonen, M. J., Kromhout, D., Nedeljkovic, S., & Nissinen, A. (1989). Seven countries study. First 20-year mortality data in 12 cohorts of six countries. *Annals of Medicine*, 21, 175–179. <https://doi.org/10.3109/07853898909149929>
- Mensink, R. P., & Katan, M. B. (1992). Effect of dietary fatty acids on serum lipids and lipoproteins. A meta-analysis of 27 trials. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, 12, 911–919. <https://doi.org/10.1161/01.atv.12.8.911>
- Mensink, R. P., Zock, P. L., Kester, A. D., & Katan, M. B. (2003). Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: A meta-analysis of 60 controlled trials. *American Journal of Clinical Nutrition*, 77, 1146–1155. <https://doi.org/10.1093/ajcn/77.5.1146>
- Mordier, S., & Iynedjian, P. B. (2007). Activation of mammalian target of rapamycin complex 1 and insulin resistance induced by palmitate in hepatocytes. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 362, 206–211. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2007.08.004>
- Musa, C. V., Mancini, A., Alfieri, A., Labruna, G., Valerio, G., Franzese, A., Pasanisi, F., Licenziati, M. R., Sacchetti, L., & Buono, P. (2012). Four novel UCP3 gene variants associated with childhood obesity: Effect on fatty acid oxidation and on prevention of triglyceride storage. *International Journal of Obesity*, 36, 207–217. <https://doi.org/10.1038/ijo.2011.81>
- Musso, G., Gambino, R., & Cassader, M. (2011). Interactions between gut microbiota and host metabolism predisposing to obesity and diabetes. *Annual Review of Medicine*, 62, 361–380. <https://doi.org/10.1146/annurev-med-012510-175505>
- Nelson, S. E., Frantz, J. A., & Ziegler, E. E. (1998). Absorption of fat and calcium by infants fed a milk-based formula containing palm olein. *Journal of the American College of Nutrition*, 17(4), 327–332. <https://doi.org/10.1080/07315724.1998.10718770>
- Nelson, S. E., Rogers, R. R., Frantz, J. A., & Ziegler, E. E. (1996). Palm olein in infant formula: absorption of fat and minerals by normal infants. *American Journal of Clinical Nutrition*, 64(3), 291–296. <https://doi.org/10.1093/ajcn/64.3.291>
- Obibuzor, J. U., Okogbenin, E. A., & Abigor, R. D. (2012). Oil recovery from palm fruits and palm kernel. In *Palm oil: Production, processing, characterization and uses* (pp. 299–328). AOCS Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-9818936-9-3.50014-9>
- Ong, A. S., & Goh, S. H. (2002). Palm oil: A healthful and cost-effective dietary component. *Food and Nutrition Bulletin*, 23, 11–22. <https://doi.org/10.1177/156482650202300102>
- Odia, O. J., Ofori, S., & Maduka, O. (2015). Palm oil and the heart: A review. *World Journal of Cardiology*, 26, 144–149. <https://doi.org/10.4330/wjc.v7.i3.144>
- Padial-Jaudenes, M., Castanys-Munoz, E., Ramirez, M., & Lasekan, J. (2020). Physiological impact of palm olein or palm oil in infant formulas: A review of clinical evidence. *Nutrients*, 12(12), 3676. <https://doi.org/10.3390/nu12123676>
- Raven, A. M., & Robinson, K. L. (1960). Studies of the nutrition of the young calf. *British Journal of Nutrition*, 14(2), 135–146.
- Renaud, S. C., Ruf, J. C., & Petithory, D. (1995). The positional distribution of fatty acids in palm oil and lard influences their biologic effects in rats. *Journal of Nutrition*, 125, 229–237. <https://doi.org/10.1093/jn/125.2.229>
- Risks for human health related to the presence of 3- and 2-monochloropropanediol (MCPD), and their fatty acid esters, and glycidyl fatty acid esters in food. *EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM)*. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4426>
- Rosqvist, F., Iggman, D., Kullberg, J., Cedernaes, J., Johansson, H.-E., Larsson, A., Johansson, L., Ahlström, H., Arner, P., Dahlman, I., & Risérus, U. (2014). Overfeeding polyunsaturated and

- saturated fat causes distinct effects on liver and visceral fat accumulation in humans. *Diabetes*, 63, 2356–2368. <https://doi.org/10.2337/db13-1622>
- Rossini, A., Zanobbio, L., Sfondrini, L., Cavalleri, A., Secreto, G., Morelli, D., Palazzo, M., Sommariva, M., Tagliabue, E., Rumio, C., & Balsari, A. (2013). Influence of fatty acid-free diet on mammary tumor development and growth rate in HER-2/Neu transgenic mice. *Journal of Cellular Physiology*, 228, 242–249. <https://doi.org/10.1002/jcp.24130>
- Saadatian-Elahi, M., Norat, T., Goudable, J., & Riboli, E. (2004). Biomarkers of dietary fatty acid intake and the risk of breast cancer: A meta-analysis. *International Journal of Cancer*, 111, 584–591. <https://doi.org/10.1002/ijc.20284>
- Sambanthamurthi, R., Sundram, K., & Tan, Y. A. (2000). Chemistry and biochemistry of palm oil. *Progress in Lipid Research*, 39, 507–558. [https://doi.org/10.1016/s0163-7827\(00\)00015-1](https://doi.org/10.1016/s0163-7827(00)00015-1)
- Savarese, M., Castellini, G., Paleologo, M., & Graffigna, G. (2022). Determinants of palm oil consumption in food products: A systematic review. *Journal of Functional Foods*, 96, 105207. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105207>
- Sczaniecka, A. K., Brasky, T. M., Lampe, J. W., Patterson, R. E., & White, E. (2012). Dietary intake of specific fatty acids and breast cancer risk among postmenopausal women in the VITAL cohort. *Nutrition and Cancer*, 64, 1131–1142. <https://doi.org/10.1080/01635581.2012.718033>
- Sen, C. K., Khanna, S., & Roy, S. (2007). Tocotrienols in health and disease: The other half of the natural vitamin E family. *Molecular Aspects of Medicine*, 28, 692–728. <https://doi.org/10.1016/j.mam.2007.03.001>
- Shannon, J., King, I. B., Moshofsky, R., Lampe, J. W., Gao, D. L., Ray, R. M., & Thomas, D. B. (2007). Erythrocyte fatty acids and breast cancer risk: A case-control study in Shanghai, China. *American Journal of Clinical Nutrition*, 85, 1090–1097. <https://doi.org/10.1093/ajcn/85.4.1090>
- Shen, X. J., Zhou, J. D., Dong, J. Y., Ding, W. Q., & Wu, J. C. (2012). Dietary intake of n-3 fatty acids and colorectal cancer risk: A meta-analysis of data from 489,000 individuals. *British Journal of Nutrition*, 108, 1550–1556. <https://doi.org/10.1017/S0007114512003546>
- Sieri, S., Krogh, V., Ferrari, P., Berrino, F., Pala, V., Thiébaud, A. C. M., Tjønneland, A., Olsen, A., Overvad, K., Jakobsen, M. U., Clavel-Chapelon, F., Chajes, V., Boutron-Ruault, Marie-Christine, Kaaks, R., Linseisen, J., Boeing, H., Nöthlings, U., Trichopoulou, A., Naska, A., Lagiou, P., Panico, S., Palli, D., Vineis, P., Tumino, R., Lund, E., Kumle, M., Skeie, G., González, C. A., Ardanaz, E., Amiano, P., Tormo, M. J., Martínez-García, C., Quirós, J. R., Berglund, G., Gullberg, B., Hallmans, G., Lenner, P., Bueno-de-Mesquita, H. B., Van Duijnhoven, F. J. B., Peeters, P. H. M., Van Gils, C. H., Key, T. J., Crowe, F. L., Bingham, S., Khaw, K. T., Rinaldi, S., Slimani, N., Jenab, M., Norat, T., & Riboli, E. (2008). Dietary fat and breast cancer risk in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition. *American Journal of Clinical Nutrition*, 88, 1304–1312. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2008.26090>
- Silva, A. P., Guimaraes, D. E., Mizurini, D. M., Maia, I. C., Ortiz-Costa, S., Sardinha, F. L., & Do Carmo, M. G. T. (2006). Dietary fatty acids early in life affect lipid metabolism and adiposity in young rats. *Lipids*, 41, 535–541. <https://doi.org/10.1007/s11745-006-5002-0>
- Simon-Szabó, L., Kokas, M., Mandl, J., Kéri, G., & Csala, M. (2014). Metformin attenuates palmitate-induced endoplasmic reticulum stress, Serine Phosphorylation of IRS-1 and apoptosis in rat insulinoma cells. *PLoS ONE*, 9, 97868–97875. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097868>
- Soto-Guzman, A., Navarro-Tito, N., Castro-Sanchez, L., Martinez-Orozco, R., & Salazar, E. P. (2010). Oleic acid promotes MMP-9 secretion and invasion in breast cancer cells. *Clinical & Experimental Metastasis*, 27, 505–515. <https://doi.org/10.1007/s10585-010-9340-1>
- Souganidis, E., Laillou, A., Leyvraz, M., & Moench-Pfanner, R. (2013). A comparison of retinyl palmitate and red Palm Oil β -carotene as strategies to address Vitamin A deficiency. *Nutrients*, 15, 3257–3271. <https://doi.org/10.3390/nu5083257>
- Specker, B. L., Beck, A., Kalkwarf, H., & Ho, M. (1997). Randomized trial of varying mineral intake on total body bone mineral accretion during the first year of life. *Pediatrics*, 99(6), 12. <https://doi.org/10.1542/peds.99.6.e12>
- Stoll, L. L., Denning, G. M., Li, W. G., Rice, J. B., Harrelson, A. L., Romig, S. A., Gunnlaugsson, S. T., Miller, Jr. F. J., & Weintraub, N. L. (2004). Regulation of endotoxin-induced proinflammatory activation in human coronary artery cells: Expression of functional membrane-bound CD14 by human coronary artery smooth muscle cells. *Journal of Immunology*, 173, 1336–1343. <https://doi.org/10.4049/jimmunol.173.2.1336>
- Storlien, L. H., Higgins, J. A., Thomas, T. C., Brown, M. A., Wang, H. Q., Huang, X. F., & Else, P. L. (2000). Diet composition and insulin action in animal models. *British Journal of Nutrition*, 83, 85–90. <https://doi.org/10.1017/S0007114500001008>
- Sundram, K., Hayes, K. C., & Siru, O. H. (1994). Dietary palmitic acid results in lower serum cholesterol than does a lauric-myristic acid combination in normolipemic humans. *American Journal of Clinical Nutrition*, 59, 841–846. <https://doi.org/10.1093/ajcn/59.4.841>
- Sundram, K., Ismail, A., Hayes, K. C., Jeyamalar, R., & Pathmanathan, R. (1997). Trans (elaidic) fatty acids adversely affect the lipoprotein profile relative to specific saturated fatty acids in humans. *Journal of Nutrition*, 127, 514–520. <https://doi.org/10.1093/jn/127.3.514S>

- Sundram, K., Sambanthamurthi, R., & Tan, Y. A. (2003). Palm fruit chemistry and nutrition. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 12, 355–362.
- Theodoratou, E., McNeill, G., Cetnarskyj, R., Farrington, S. M., Tenesa, A., Barnettson, R., Porteous, M., Dunlop, M., & Campbell, H. (2007). Dietary fatty acids and colorectal cancer: A case-control study. *American Journal of Epidemiology*, 166, 181–195. <https://doi.org/10.1093/aje/kwm063>
- Thiebaut, A. C., Kipnis, V., Chang, S. C., Subar, A. F., Thompson, F. E., Rosenberg, P. S., Hollenbeck, A. R., Leitzmann, M., & Schatzkin, A. (2007). Dietary fat and postmenopausal invasive breast cancer in the national institutes of health-AARP diet and health study cohort. *Journal of the National Cancer Institute*, 99, 451–462. <https://doi.org/10.1093/jnci/djk094>
- Thompson, N. M., Norman, A. M., Donkin, S. S., Shankar, R. R., Vickers, M. H., Miles, J. L., & Breier, B. H. (2007). Prenatal and postnatal pathways to obesity: Different underlying mechanisms, different metabolic outcomes. *Endocrinology*, 148, 2345–2354. <https://doi.org/10.1210/en.2006-1641>
- Ting, J. P., Willingham, S. B., & Bergstralh, D. T. (2008). NLRs at the intersection of cell death and immunity. *Nature Reviews Immunology*, 8, 372–379. <https://doi.org/10.1038/nri2296>
- Truswell, A. S. (2000). Comparing palmolein with different predominantly monounsaturated oils: Effect on plasma lipids. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 51, 73–77.
- Urugo, M. M., Teka, T. A., Teshome, P. G., & Tringo, T. T. (2021). Palm oil processing and controversies over its health effect: Overview of positive and negative consequences. *Journal of Oleo Science*, 70(12), 1693–1706. <https://doi.org/10.5650/jos.ess21160>
- Utarwuthipong, T., Komindr, S., Pakpeankitvatana, V., Songchitsomboon, S., & Thongmuang, N. (2009). Small dense low-density lipoprotein concentration and oxidative susceptibility changes after consumption of soybean oil, rice bran oil, palm oil and mixed rice bran/palm oil in hypercholesterolaemic women. *Journal of International Medical Research*, 37, 96–104. <https://doi.org/10.1177/147323000903700111>
- Van Amelsvoort, J. M., Van der Beek, A., & Stam, J. J. (1986). Effects of the type of dietary fatty acid on the insulin receptor function in rat epididymal fat cells. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 30, 273–280. <https://doi.org/10.1159/000177204>
- Vega-López, S., Ausman, L. M., Jalbert, S. M., Erkkilä, A. T., & Lichtenstein, A. H. (2006). Palm and partially hydrogenated soybean oils adversely alter lipoprotein profiles compared with soybean and canola oils in moderately hyperlipidemic subjects. *American Journal of Clinical Nutrition*, 84, 54–62. <https://doi.org/10.1093/ajcn/84.1.54>
- Verschuren, W. M., Jacobs, D. R., Bloemberg, B. P., Kromhout, D., Menotti, A., Aravanis, C., Blackburn, H., Buzina, R., Dontas, A. S., & Fidanza, F. (1995). Serum total cholesterol and long-term coronary heart disease mortality in different cultures. Twenty-five-year follow-up of the seven countries study. *Journal of the American Medical Association*, 274, 131–136.
- Walldius, G., & Jungner, I. (2004). Apolipoprotein B and apolipoprotein A-I: Risk indicators of coronary heart disease and targets for lipid-modifying therapy. *Journal of Internal Medicine*, 255, 188–205. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2796.2003.01276.x>
- Walldius, G., Jungner, I., Holme, I., Aastveit, A. H., Kolar, W., & Steiner, E. (2001). High apolipoprotein B, low apolipoprotein A-I, and improvement in the prediction of fatal myocardial infarction (AMORIS study): A prospective study. *Lancet*, 358, 2026–2033. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(01\)07098-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(01)07098-2)
- Wang, X., Cheng, M., Zhao, M., Ge, A., Guo, F., Zhang, M., Yang, Y., Liu, L., & Yang, N. (2013). Differential effects of high-fat diet rich in lard oil or soybean oil on osteopontin expression and inflammation of adipose tissue in diet-induced obese rats. *European Journal of Clinical Nutrition*, 52, 1181–1189. <https://doi.org/10.1007/s00394-012-0428-z>
- Wei, Y., Wang, D., Topczewski, F., & Passagliotti, M. J. (2006). Saturated fatty acids induce endoplasmic reticulum stress and apoptosis independently of ceramide in liver cells. *American Journal of Physiology — Endocrinology and Metabolism*, 291, 275–281. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00644.2005>
- Wen, H., Gris, D., Lei, Y., Jha, S., Zhang, L., Huang, M. T.-H., Brickey, W. J., & Ting, J. P.-Y. (2011). Fatty acid-induced NLRP3-ASC inflammasome activation interferes with insulin signaling. *Nature Immunology*, 12, 408–415. <https://doi.org/10.1038/ni.2022>
- Widdowson, E. M. (1965). Absorption and excretion of fat, nitrogen, and minerals from «filled» milks by babies one week old. *Lancet*, 2(7422), 1099–1105. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(65\)90065-6](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(65)90065-6)
- Wolk, A., Bergstrom, R., Hunter, D., Willett, W., Ljung, H., Holmberg, L., Bergkvist, L., Bruce, A., & Adami, H. O. (1998). A prospective study of association of monounsaturated fat and other types of fat with risk of breast cancer. *Archives of Internal Medicine*, 158, 41–45. <https://doi.org/10.1001/archinte.158.1.41>
- Yang, M., Wei, D., Mo, C., Zhang, J., Wang, X., Han, X., Wang, Z., & Xiao, H. (2013). Saturated fatty acid palmitate-induced insulin resistance is accompanied with myotube loss and the impaired expression of health benefit myokine genes in C2C12 myotubes. *Lipids in Health and Disease*, 12, 104–113. <https://doi.org/10.1186/1476-511X-12-104>
- Zhang, K. (2010). Integration of ER stress, oxidative stress and the inflammatory response in health and disease. *International Journal of Clinical and Experimental Medicine*, 3(1), 33–40.